



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Joni Reinikka

# HDP-SÄHKÖMOOTTORIEN KOKOONPANON KEHITYS JA KOKOONPANO-OHJE

Tekniikka ja liikenne

2015

## **ALKUSANAT**

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoululle Kone- ja tuotantotekniikan osastolle kevään 2015 aikana. Työn tilaaja on Vaasalainen ABB Oy Motors and Generators yritys. Työn ohjaajina toimivat Vaasan ammattikorkeakoulusta Lehtori Mika Billing ja ABB Oy Motors and Generatorsilta Product Quality Manager Jaakko Rantamäki.

Työn tavoitteena on HDP-sähkömoottorien kehitys ja HDP-moottorien kokoonpano-ohjeen tuottaminen.

Haluan kiittää työn ohjaajia Jaakko Rantamäkeä ja Mika Billingia, työssä auttaneita työkavereita sekä erityisesti perhettä, joka on jaksanut kannustaa koko opiskelun ajan.

28.4.2015

Joni Reinikka

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Joni Reinikka
Opinnäytetyön nimi	HDP-sähkömoottorien kokoonpanon kehitys ja kokoonpano- ohje
Vuosi	2015
Kieli	suomi
Sivumäärä	45 + 5 liitettä
Ohjaaja	Mika Billing

---

Työn tavoitteena on tuottaa HDP-sähkömoottoreille yleisluontoinen kokoonpano-ohje, joka soveltuu kaikille moottorikokoluokille. Kokoonpano-ohje tulee liitettäväksi HDP-moottorien laadunvarmistamissuunnitelmaan.

Opinnäytetyössä tutkittiin HDP-moottorien valmistuksen kokoonpanovaiheita ja pohtia voidaanko järkevästi erottaa kokoonpanovaiheita toisistaan niin, että valmistus voidaan toteuttaa linjaympäristössä. Tällä hetkellä kokoonpano suoritetaan yhdessä työpisteessä. Vain linjakoestus ja maalaus ovat eri vaiheena.

Opinnäytetyössä vertailtiin HDP-moottorien ja normaalimoottorien kokoonpanojen eroja ja pohtia voidaanko HDP-moottoreita koota normaalien tuotannossa olevien moottorien joukossa.

Opinnäytetyön tuloksena oli HDP-sähkömoottorien yleisluontoinen kokoonpano-ohje, joka liitettiin osaksi HDP-moottorien laadunvarmistussuunnitelmaa. Loppupäätelmänä todettiin, että HDP-moottoreiden kokoonpano voidaan jakaa työvaiheisiin. HDP-moottorien kokoonpano normaalituotannon joukossa todettiin mahdolliseksi, joskin suhteellisen hankalaksi toteuttaa.

## ABSTRACT

Author	Joni Reinikka
Title	HDP-Electric Motor Assembly Development and Assembly Instructions
Year	2015
Language	Finnish
Pages	45 + 5 Appendices
Name of Supervisor	Mika Billing

---

The aim of the thesis was to produce general assembly instructions for the HDP-electric motors. The instructions should be suitable for all HDP-motor size classes. The assembly instructions will be included to the quality assurance plan of the HDP-engines.

Various stages of the assembly of HDP-motors were examined and it was considered if it is possible to separate assembling steps from each other, so that manufacturing can be done in line manufacturing environment. At the moment, all the assembly steps are performed in the same workstation. Only the test driving and painting are done in different workstations.

The purpose was also to compare the differences in the assembly between the HDP-motors and normal production motors and consider whether it is possible to assemble HDP-motors in the same production line with normal motors.

The result of the thesis was a general assembly instruction, which became part of the quality assurance plan for the HDP-motors. In conclusion, it was found that the assembly of the HDP-motors can be separated into the stages. Also it was found that it is possible, although relatively difficult, to assemble HDP-motors in the same production line with normal motors.

---

Keywords	production, assembly instructions, quality
----------	---

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVALUETTELO

LIITELUETTELO

LYHENTEET JA KÄSITTEET

1	JOHDANTO .....	10
1.1	Työn taustat .....	10
1.2	Työn rajaukset.....	11
2	ABB .....	12
2.1	Maailman laajuinen ABB .....	12
2.2	ABB Suomessa .....	12
2.3	ABB Motors and Generators Vaasa .....	13
3	SÄHKÖMOOTTORI .....	14
3.1	Yleisesti .....	14
3.2	Sähkömoottorin rakenne.....	15
3.3	Sähkömoottorien ryhmittely .....	16
3.4	HDP-moottorit .....	17
4	LINJATUOTANTO .....	20
4.1	Tuotanto.....	20
4.2	Valmistus .....	23
4.2.1	Linjakokoonpano .....	23
4.2.2	Yhdessä työpisteessä tapahtuva valmistus .....	24
4.3	ABB Oy Motors valmistusmalli .....	25
4.3.1	Staattorien runkoonpuristus.....	26
4.3.2	Liitäntä .....	26
4.3.3	Roottorin asennus .....	27
4.3.4	Laakerointi.....	27
4.3.5	Linjakoeistus.....	27
4.3.6	Maalaus .....	27
4.3.7	Lopputäydennys.....	28
5	HDP VALMISTUS .....	29

5.1	Roottorin asennus ja laakerointi.....	29
5.2	Liitäntä.....	30
5.3	Linjakoeistus.....	31
5.4	Maalaus.....	32
5.5	Lopputäydennys .....	33
6	HDP SOPIVUUS LINJAKOKOONPANOON .....	35
6.1	Kokoonpano yhdessä työpisteessä .....	36
6.2	Kokoonpano normaalituotannon joukossa .....	37
6.3	Kokoonpano omalla HDP-kokoonpanalinjalla .....	38
7	HDP-LAADUNVARMISTUS- JA KOKOONPANO-OHJE .....	39
7.1	Laadunvarmistus yleisesti.....	39
7.2	HDP-laadunvarmistussuunnitelma.....	40
7.3	HDP-moottorien kokoonpano-ohje .....	41
8	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	42
	LÄHTEET .....	45
	LIITTEET	

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b> Yksinapaisen kolmivaihemoottorin käämitys ja kytkentä /10/.....	15
<b>Kuva 2.</b> Oikosulkusähkömoottorin rakenne /1/ .....	16
<b>Kuva 3.</b> HDP-moottorin havainnekuva /11/ .....	18
<b>Kuva 4.</b> HDP-vääntömomentit koko- ja suojausluokittain /11/.....	19
<b>Kuva 5.</b> Tuotannon jako eri kriteerian mukaan./5/ .....	22
<b>Kuva 6.</b> Tuotannon linjavalmistussmalli .....	24
<b>Kuva 7.</b> Tuotantosolun periaatteellinen toiminta. ....	25
<b>Kuva 8.</b> Laakerointi ja laakerikilpi asennettuna roottoriin .....	29
<b>Kuva 9.</b> Kaapelit liitettynä liitinalustaan .....	31
<b>Kuva 10.</b> Virransyöttökaapelit liitettynä liitinalustaan .....	32
<b>Kuva 11.</b> Moottori maalauksessa .....	33
<b>Kuva 12.</b> Arvokilpi ja varoitustarrat paikoillaan/11/ .....	34

**LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** ABB:n sähkömoottorien asennusasennot

**LIITE 2.** HDP-laadunvarmistussuunnitelman prosessikaavio

**LIITE 3.** HDP-kokoonpano-ohje

**LIITE 4.** Sähkömoottorin räjäytyskuva

**LIITE 5.** HDP-sähkömoottorin räjäytyskuva



**LYHENTEET JA KÄSITTEET**

ABB	Asea Brown Boweri
HDP	High dynamic performance (Pieneen kokoon mahdutettu korkean dynamiikan sähkömoottori. Moottorissa suuri ylikuormituskyky, alhainen hitausmomentti ja korkea vääntömomentti.)
Kommutaattori	Sähkövirran suunnan kääntäjä
Ex-	Räjähdysherkkää laitetta tai tilaa kuvaava etuliite
Lean	Tuotannon ohjausfilosofioista
Make-to-order	Tilausohjautuva tuotanto
Engineering-to-order	Suunnitteluohjautuva tuotanto
IP	Euroopassa käytössä oleva sähkölaitteiden tiiveyden luokitusjärjestelmä
Setitys	Komponenttien keräily tietyille nimetyille moottorille
Layout	Tuotantolinjan fyysinen rakenne/pohjapiirustus
Quality notification	Laatupoikkeama ilmoitus

# 1 JOHDANTO

Johdannossa kerrotaan työn taustoista ja rajauksesta.

## 1.1 Työn taustat

Vuoden 2014 aikana on ABB Motors and Generators-yksikössä toteutettu tuote siirtoprojekti, jossa Vaasan tehtaalle on siirretty HDP-sähkömoottorien valmistus. Tuotteen historiassa on tapahtunut jo aiemmin tuotteen valmistuksen siirto Italian tehtaalta Ruotsin tehtaalle. Tuotteen valmistuksessa on ollut ongelmia johtuen joidenkin komponenttien hitaista toimitusajoista. Myös tuotteen kokoonpanovaiheessa on ollut hankaluuksia johtuen tuotteen monimutkaisesta rakenteesta, joka vaikeuttaa kokoonpantavuutta. Tuote sisältää moninkertaisen määrän komponentteja verrattuna ABB Motors and Generatorsin muihin moottoreihin.

Nyt olisi Vaasan tehtaalla tarkoitus parantaa tuotteen valmistettavuutta ja nopeuttaa valmistusprosessia koko prosessin matkalla. Tähän pyrkimykseen liittyen pyritään kehittämään alihankintaketjun tehokkuutta ja yksinkertaistamaan moottorin kokoonpanon rakennetta.

Moottorin kokoonpano oli alustavasti suunniteltu toteutettavaksi jo olemassaolevilla tuotantolinjoilla, mutta se osoittautui vaikeaksi ilman, että se hidastaisi linjan normaalia työtä. HDP-moottorin kokoonpano on jaettavissa vaiheisiin, jotka on tehtävä eri järjestyksessä kuin linjoilla koottavissa moottoreissa. Näitä vaiheita olisi tarkoitus tutkia, ja miettiä onko HDP-moottorin kokoonpano toteutettavissa linjaympäristössä.

HDP-moottori on uusi tuote Vaasan tehtaalle, joten siihen liittyvää dokumentointia on yhtenäistettävä sopivaksi Vaasan tehtaan käytäntöihin. Tähän liittyen on HDP-mootoreille tehtävä laadunvarmistussuunnitelma, joka täyttää samat kriteerit kuin muutkin tehtaan tuotteet.

Työn tavoitteena on tuottaa HDP-sähkömootoreille kokoonpano-ohje ja tutkia HDP-moottorien valmistuksen kokoonpanovaiheita. Voidaanko järkevästi erottaa

kokoonpanovaiheita toisistaan niin, että valmistus on mahdollista toteuttaa linjaympäristössä, jossa moottorit siirtyvät vaiheelta toiselle rullarataa kulkemalla tai lyhyiden nosturinostojen avulla. Tällä hetkellä kokoonpano suoritetaan yhdessä työpisteessä. Vain linjakoestus ja maalaus ovat eri vaiheina.

## **1.2 Työn rajaukset**

Työn tarkoitus on tuottaa HDP-sähkömoottoreille kokoonpano-ohje liitettäväksi laadunvarmistussuunnitelmaan. Ohjeessa ei ole tarkoitus selvittää kaikkien eri moottorimallien yksityiskohtaista kokoonpanoa, vaan sen on tarkoitus olla yleisluonteinen siten, että se soveltuu käytettäväksi kaikkien mallien ja kokoluokkien kanssa.

Lisäksi on tarkoitus selvittää yleisellä tasolla HDP-moottorien kokoluokasta riippumatta kokoonpanovaiheiden eroteltavuutta toisistaan, ja vertailla vaiheita linjatuotannossa olevien moottorien kokoonpanovaiheisiin.

## **2 ABB**

Tässä luvussa kerrotaan ABB:sta globaalina yhtiönä ja paikallistasolla ABB Oy Motors and Generatorsista.

### **2.1 Maailman laajuinen ABB**

ABB:n pääkonttori sijaitsee Zürichin kaupungissa Sveitsissä. ABB on johtava sähkövoima- ja automaatioteknologiayhtymä. ABB:n palveluksessa on noin 140 000 henkilöä 100 maassa, joista Suomessa noin 5 200. Yrityksen osakkeilla käydään kauppaa New Yorkin, Tukholman ja Zürichin pörseissä. Vuonna 2014 yhtiön liikevaihto oli 42 mrd. USD. Yhtiön pääjohtajana on toiminut vuodesta 2013 Ulrich Spiesshofer.

ABB:n ydinliiketoiminta on organisoitu viiteen divisioonaan. Divisioonat koostuvat eri tuoteryhmiin ja teollisuuden aloihin keskittyvistä liiketoimintayksiköistä.

ABB muodostettiin tammikuussa 1988 kun ruotsalaisen Asean ja sveitsiläisen Brown Boverin sähkötekniset liiketoiminnot yhdistettiin. ABB:n historia ulottuu kuitenkin yli 120 vuotta taaksepäin, jolloin Gottfrid Strömberg perusti Helsinkiin Gottfr. Strömbergin sähköliikkeen, josta muodostettiin myöhemmin Ab Gottfr. Strömberg osakeyhtiö. ABB:n menestys on pohjautunut erityisesti tutkimukseen ja kehitykseen suunnattuun vahvaan panostukseen./1/

### **2.2 ABB Suomessa**

Suomessa ABB:lla on tehdaskeskittymät Helsingissä, Vaasassa ja Porvoossa. ABB:lla on Suomessa toimintaa kaikkiaan 21 paikkakunnalla. Vuonna 2014 ABB työllisti Suomessa 5 197 henkilöä ja liikevaihto oli 2 081 mrd. euroa. Tuotekehitykseen Suomen ABB investoi 204 miljoonaa euroa. Suomen ABB:n maajohtajana toimii Tauno Heinola.

Gottfrid Strömberg perusti 24.7.1889 ensimmäisen verstaansa Helsingin Kamppiin. Tästä päivästä voidaan katsoa alkaneen ensin Oy Strömberg Ab:n ja

myöhemmin ABB:n tarina Suomessa. Alussa toiminta keskittyi tasavirtakoneisiin ja kiinteistöjen valaistukseen.

### **2.3 ABB Motors and Generators Vaasa**

Vaasan Motors and Generators-tehdas on osa Suomen ABB:n moottorit ja generaattorit yksikköä, jonka toinen Suomen tehtaista sijaitsee Helsingissä. Yksikkö valmistaa ja kehittää moottoreita ja generaattoreita kaikkien teollisuuden alojen sovelluksiin maailmanlaajuisesti.

Helsingin Pitäjämäellä sijaitsevassa tehtaassa valmistetaan mm. korkeajännitemoottoreita ja kestopagneettimoottoreita. ABB:n tuuligeneraattorien kehitysvastuu on Helsingissä. Vaasan tehtaalla valmistetaan valurautarunkoisia oikosulkumoottoreita ja generaattoreita. Tehtaalla on maailmanlaajuinen vastuu ABB:n valmistamista räjähdysvaarallisten tilojen pienjännitemoottoreista. Vaasan yksikön toimitusjohtajana toimii Harri Mykkänen.

### 3 SÄHKÖMOOTTORI

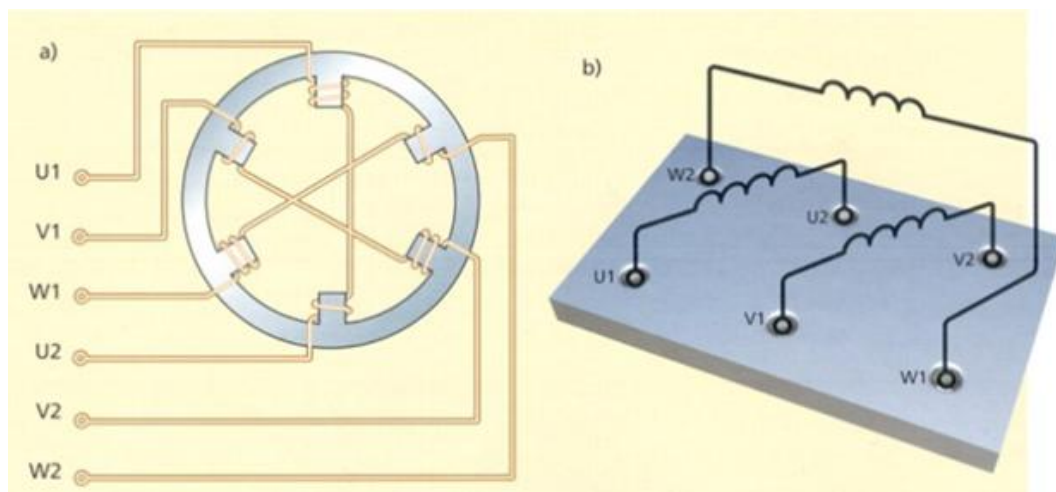
Tässä luvussa kerrotaan lyhyesti sähkömoottorin toiminnasta.

#### 3.1 Yleisesti

Sähkömoottori on sähköllä toimiva moottori. Moottorin avulla sähköenergiaa muutetaan mekaaniseksi energiaksi. Sähkömoottorissa luodaan johtimien eli käämien väliseen metalliin sähkön avulla magneettikenttä. Magneettikentän napaisuutta vaihdellaan sopivalla taajuudella, jolloin moottori saadaan pyörimään. Sähköjohdin magnetisoituu kun johtimessa kulkee virta. Magneettisuutta vahvistetaan kiertämällä johdinta useita kierroksia rullalle. Näin muodostuneen kelan sisällä on sydän, joka myös magnetisoituu.

Sähkömoottoreita on mahdollista käyttää tasavirtasähköllä ja vaihtovirtasähköllä. Tasavirtamoottoreissa magneettien napaisuutta vaihdetaan roottorissa kommutaattorin avulla. Kommutaattorissa roottoriakselin pyörimisliike saa aikaan napaisuuden vaihdon. Vaihtosähkömoottorissa sähkökenttä saadaan pyörimään eli siirtymään navasta seuraavaan vaihtosähköön taajuudella. Tällöin roottorin magneetit seuraavat pyörivää magneettikenttää ja moottori alkaa pyöriä./2/

ABB Motors and Generatorssin Vaasassa valmistettavat sähkömoottorit ovat kolmivaiheisia vaihtosähköoikosulkumoottoreita. Näissä moottoreissa luodaan staattorikäämityksen avulla moottorin sisään vaihtosähköön taajuudella vaihteleva magneettikenttä. Magneettikentässä sijaitsevaan roottoriin indusoituu sähkövirta. Roottorin alumiini- tai kuparitangot ovat oikosuljetut virran vahvistamiseksi. Magneettikenttä saadaan pyörimään 3-vaihejärjestelmän avulla, jolloin roottori seuraa pyörivää magneettikenttää. Kuvassa 1 on esitetty yksinapaisen kolmivaihemoottorin käämitys ja kytkentä.

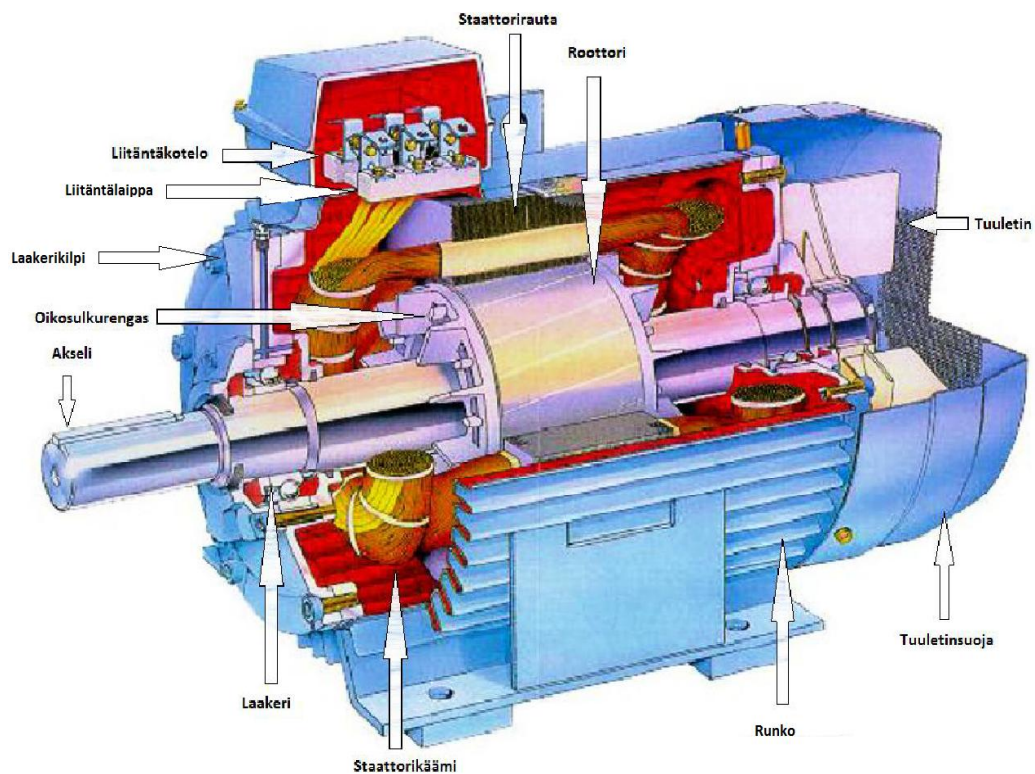


**Kuva 1.** Yksinapaisen kolmivaihemoottorin käämitys ja kytkentä /10/

Asiakkaan näkökulmasta sähkömoottorin tärkein osa on akseli, joka pyörittää asiakkaan sovellusta. Sähkömoottori koostuu kuitenkin useista osista, jotka mahdollistavat sähkömoottorien monimuotoisuuden ja soveltuvuuden moniin eri käyttötarkoituksiin. Moottoreita on kehitetty moniin käyttötarkoituksiin ja vastaamaan useisiin käyttövaatimuksiin. Hyvä esimerkki erikoisvaatimukset täyttävistä sähkömoottoreista on Ex-moottorit, jotka täyttävät räjähdystiloissa vaaditut standardit.

### 3.2 Sähkömoottorin rakenne

Sähkömoottorissa on useita osia ja osakokonaisuuksia. Sähkömoottorin rakenteen kannalta tärkeimmät osat ovat staattori, roottori, runko, laakerikilvet, laakerit, liitäntälaippa, liitäntäkotelo, tuuletin ja tuuletinsuojus. Joissakin erikoismoottorimalleissa joitakin näistä osista voidaan jättää pois, esimerkiksi HDP-moottoreissa staatorirunko voidaan jättää pois. Oikosulkusähkömoottorin rakennetta on esitelty kuvassa 2.



**Kuva 2.** Oikosulkusähkömoottorin rakenne /1/

### 3.3 Sähkömoottorien ryhmittely

Selkein sähkömoottorien ryhmittelytapa on ryhmittely akselikorkeuden mukaan. Akselikorkeus kertoo millimetreinä akselin etäisyyden maasta akselin keskipisteeseen. Vaasassa valmistettavien moottorien akselikorkeuksia ovat: 71, 80, 90, 100, 112, 132, 160, 180, 200, 225, 250, 280, 315, 355, 400 ja 450 mm. HDP-moottoreita valmistetaan kokoluokissa: 100, 132, 160, 200 ja 250 mm.

Sähkömoottorit on mahdollista jakaa ryhmiin myös niiden asennusasennon ja -tavan mukaan. Moottorit voidaan asentaa esimerkiksi vaakasuoraan, akseli alaspäin tai akseli ylöspäin. Asennusasennon mukaan moottori kiinnitetään jaloista, laipasta tai molemmista samanaikaisesti. Moottorien asennusasennot on esitetty liitteessä 1.

Yksi sähkömoottorien lajittelutapa on lajittelu käyttökohteen mukaan. Käyttökohteen mukaisia ryhmiä ovat: vakimoottorit, prosessimoottorit, Ex-

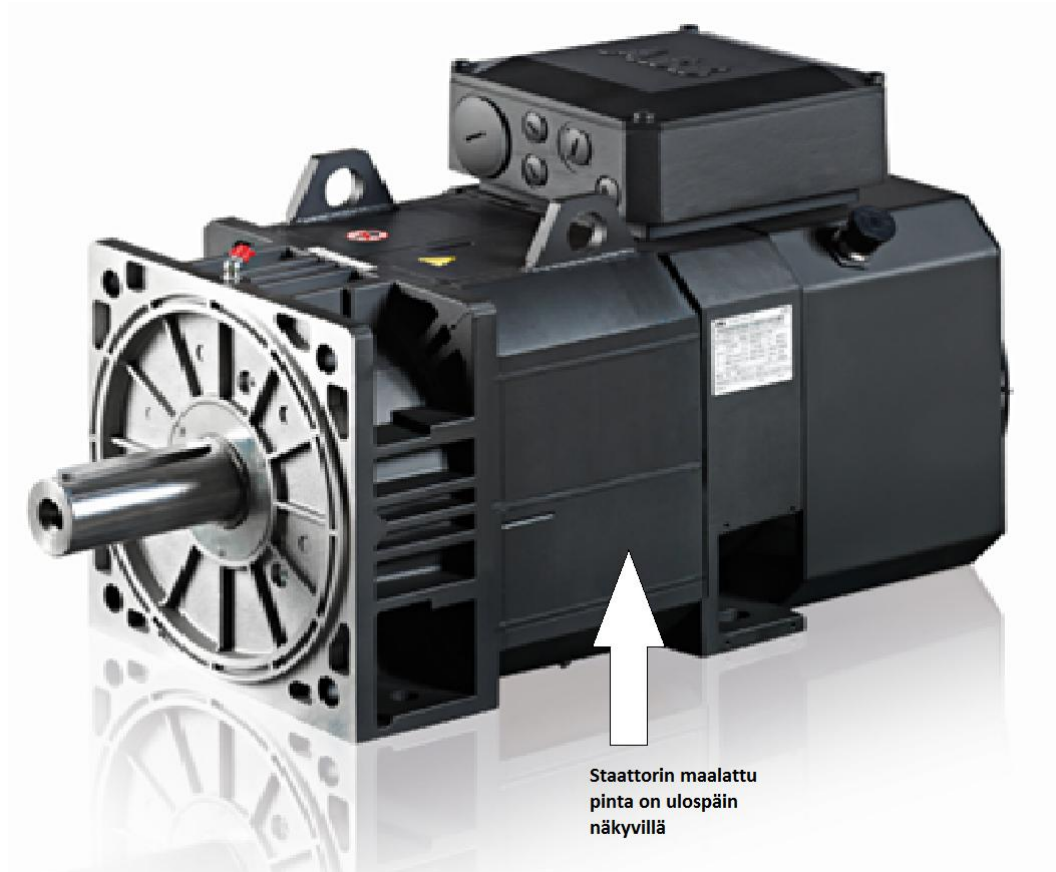


moottorit, teollisuusmoottorit, laivamoottorit ja servomoottorit. Nämä moottoriryhmät voidaan vielä luokitella pienempiin ryhmiin, joita ovat esimerkiksi valurautamoottorit ja jarrumoottorit/3/.

Vaasan ABB Motors and Generatorsilla valmistettavat sähkömoottorit ovat moottorien kokoluokasta riippumatta valurautarunkoisia prosessiteollisuusmoottoreita. Moottorien tyyppimerkintä voi olla esimerkiksi M3BP 280 SMB 4, jossa 280 on moottorin akselikorkeus ja 4 on moottorin käämin napaluku. Syksyllä 2014 tuotantoon on otettu HDP-sähkömoottorisarja, joka poikkeaa huomattavasti M3BP moottoreista, niin sähköisten arvojen kuin myös rakenteenkin puolesta. Tässä opinnäytetyössä M3BP moottorisarjaa käsitellään normaalimoottoreina ja HDP-sähkömoottorisarjaa HDP-moottoreina. ABB:n runkokoon 315 valurautasähkömoottorin räjäytyskuva on esitetty liitteessä 4.

### **3.4 HDP-moottorit**

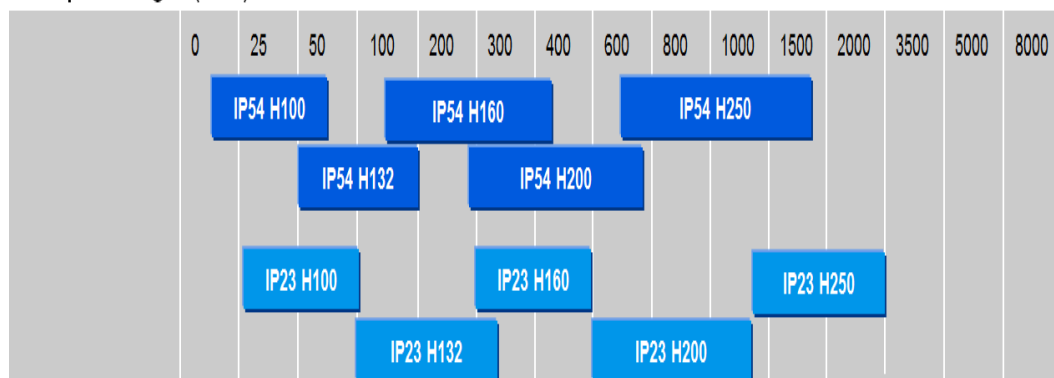
ABB Oy:n HDP-moottoreita käytetään sovelluksissa joissa tarvitaan kompaktinkokoisia korkeaan suorituskyvyn moottoreita. Moottoreita valmistetaan asiakkaan sovelluksiin räätälöityinä versioina. HDP-moottorisarja on suunniteltu käytettäväksi vain taajuusmuuttajalla. Rungoton rakenne ja suuri ylikuormituskyky antavat moottorille alhaisen hitausmomentin ja korkean vääntömomentin. Moottorissa on aina erillinen omalla voimanlähteellään toimiva puhallinyksikkö, koska niitä käytetään usein hitailla pyörimisnopeuksilla jolloin aksiaalipuhallin ei jäähdytä moottoria tarpeeksi. Lisäksi HDP-moottoreita voidaan hetkellisesti ylikuormittaa, jolloin moottorin lämpeneminen on voimakasta. Erillinen puhallinyksikkö on myös tarpeen siksi, että moottorissa ei ole staattorirunkoa, joka jäähdyttäisi moottoria. HDP-moottorin rungoton rakenne on havainnollistettu kuvassa 3.



**Kuva 3.** HDP-moottorin havainnekuva /11/

HDP-moottorien ottoteho on kokoluokan mukaan 2-750 kW ja vääntömomentit ovat välillä 14-2000 Nm. Kierrosluvut vaihtelevat 0-4000 rpm välillä, mutta moottoreita voidaan räätälöidä asiakkaan tarpeiden mukaan myös korkeammille kierrosluvuille. Kuvassa 4 nähdään moottorien vääntömomentit koko- ja suojausluokittain.

Torque range (Nm)



**Kuva 4.** HDP-vääntömomentit koko- ja suojausluokittain /11/

Tyypillisiä teollisuuden aloja, jotka käyttävät HDP-moottoreita, ovat esimerkiksi kumi- ja muoviteollisuus, joissa HDP-moottoreita käytetään ruiskuvalukoneissa ja puristimissa sekä sekoittimissa. Metalliteollisuudessa HDP-moottoreita käytetään mm. kuljettimissa, kuuma- ja kylmäpuristuskoneissa sekä kaapelien vetokoneissa. Laskettelukeskusten hissikoneistot ovat hieman eksoottisempi kohde, joissa käytetään HDP-moottoreita. Usein käyttökohteita ovat koneet joissa tarvitaan HDP-moottorien hyviä ominaisuuksia. Koneet, joihin HDP-moottoreita asennetaan, sijaitsevat usein sisätiloissa, joissa riittää IP23- ja IP54-suojausluokat. ABB:n HDP-sähkömoottorin räjäytyskuva on esitetty liitteessä 5.

## 4 LINJATUOTANTO

Tässä luvussa käsitellään tuotantoa yleisellä tasolla ja erityisesti vertaillaan linjavalmistuksen ja yhdessä työpisteessä tapahtuvan valmistuksen eroja.

### 4.1 Tuotanto

Käsite tuotanto ei tarkoita ainoastaan yksittäisessä tuotantoyksikössä tapahtuvaa valmistusta. Termi tuotanto kattaa laajasti käsitettynä koko sen prosessin, joka yrityksessä viedään läpi, kun yrityksen sisään tulevia tuotannon tekijöitä ja resursseja muokataan asiakkaalle toimivaksi tuotteiden ja palveluiden kokonaisuudeksi.

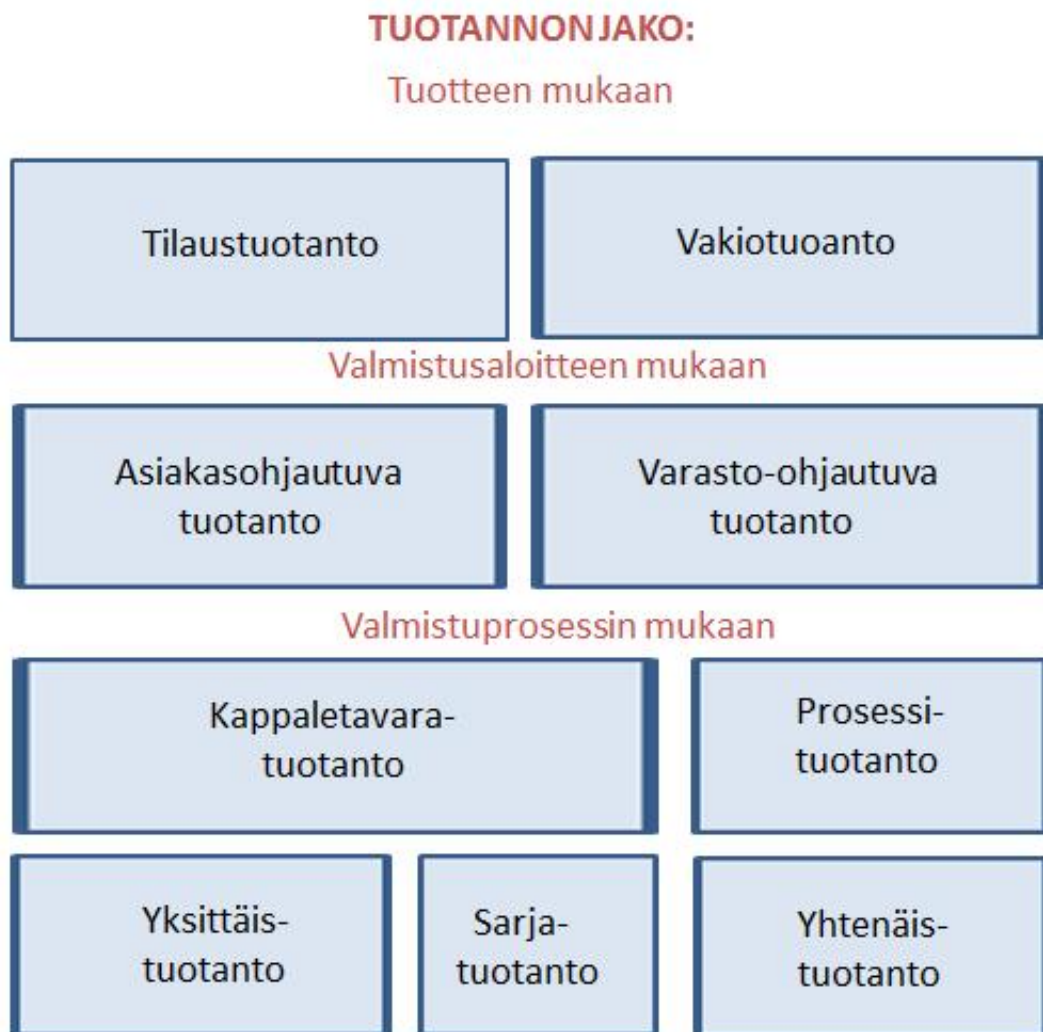
Tuotannon keskeiset sijaintipäätökset ja yleiset kapasiteetti- ja tuotantoteknologia päätökset tehdään usein konsernin johtoryhmässä liiketoimintayksikköjen johdon avustuksella. Tuotantoyksikkötasolla taas mietitään sitä, miten liiketoimintastrategia toteutuu tehtaan ja toimitusketjun toiminnassa. Tuotantoyksiköissä suunnitellaan myös tuotesuunnittelun, tuotannon ja toimitusketjun integrointia toimivaksi kokonaisuudeksi yhdessä yrityksen muiden toimintojen kanssa.

Teollisuusyritysten johtoryhmissä on pohdittava vastauksia mm. seuraaviin tuotantostrategiaa koskeviin kysymyksiin:

- Mikä on tuotannon rooli yrityksen kilpailustrategiassa? Tuoko tuotanto kilpailuetua yritykselle?
- Mitkä ovat tuotannon päämäärät?
- Minkälaiseen osaamiseen tuotanto perustuu? Kehitetäänkö omaa teknologiaa? Pystytäänkö erottumaan kilpailijoista tuotanto-osaamisella?
- Minkälaista yhteistyötä yrityksessä tehdään eri toimintojen välillä, kuten markkinoinnin ja myynnin, tuotannon ja tuotekehityksen välillä?

- Mitä strategisia valintoja voidaan tehdä tuotantojärjestelmässä, siis organisaatorakenteessa, tuotantokäytännöissä, resursseissa ja teknologioissa? /4/

Nykyään yritykset joutuvat yhä enemmän miettimään tuotantostrategisissa päätöksissään tuotteen valmistettavuutta ja valmistustapoja. Etenkin Länsi-Euroopassa valmistustapojen kehittäminen on tärkeää, koska työvoimakustannukset eivät ole kilpailukykyisiä verrattaessa Kaukoitään. Tuotanto voidaan jakaa tuotteen valmistuksen, valmistusaloitteen ja valmistusprosessin mukaan kuvan 5 mukaisesti. ABB Oy Motors and Generatorsin tapauksessa on kysymyksessä kappaletavaratuotanto, joka voidaan jakaa yksittäistuotantoon ja sarjatuotantoon (**Kuva 5**).



**Kuva 5.** Tuotannon jako eri kriteerian mukaan./5/

Monet yritykset käyttävät valmistuksessaan Lean-ajattelumallia, tai pohjaavat oman mallinsa Lean-ajatteluun. Toyotan autotehdas oli ensimmäinen, joka loi tehtaalleen Lean-tuotantotoimintaperiaatteen. Lean-ajattelu on merkittävästi vaikuttanut organisaatiorakenteiden madaltumiseen sekä nopeiden läpimenoaikojen ja joustavien toimintatapojen kehittymiseen./5/

Lean-toimintatavan perusajatus lyhyeksi tiivistettynä on, oikea määrä oikeita asioita oikeaan aikaan ja oikeaan paikkaan oikean laatuina. Ei tarpeettomia toimintoja eikä ylimääräistä painolastia.

## **4.2 Valmistus**

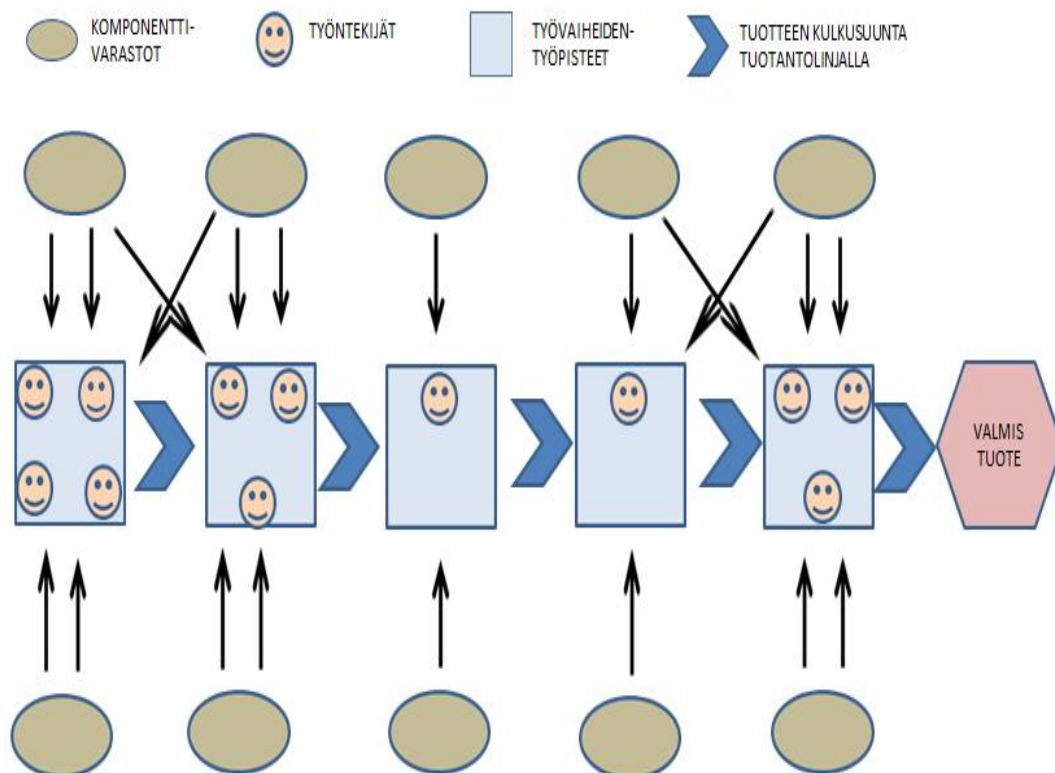
Valmistuksessa, ja etenkin tuotteiden kokoonpanovalmistuksessa, voidaan erottaa karkeasti kaksi erilaista tapaa. Tuotteiden kokoonpanossa voidaan käyttää linjamaista valmistusta, jossa tuotteen kokoonpanovaiheet toteutetaan eri työpisteissä eri henkilöiden toimesta, tai valmistussolumallista kokoonpanoa jossa tuote kootaan yhdessä työpisteessä saman henkilön tehdessä kaikki työvaiheet.

### **4.2.1 Linjakokoonpano**

Linjakokoonpano soveltuu suurtuotantoon, jossa halutaan valmistaa suuri määrä tuotteita keskeytyksettä. Tuotteiden on oltava standardisoituja ja kysynnän on oltava vakaata, että valmistus voidaan mitoittaa sopivaksi. Tuotteita voidaan valmistaa suuria määriä pienin yksikkökustannuksin.

Linjakokoonpanossa koneet ja työpaikat valitaan ja sijoitetaan peräkkäin tietyn tuotteen valmistamisen edellyttämään järjestykseen. Tuote valmistuu kulkiessaan linjan läpi. Linjaa suunniteltaessa työvaiheiden kestot ja koneiden kapasiteetit on suunniteltava ja tasapainotettava yhtä suuriksi. Jos tuotannossa ilmenee kapeikkoja, joihin tuotteet alkavat muodostaa jonoja, rakennetaan kapeikkoihin rinnakkaisia väyliä. Linjatuotannossa ei sallita välivarastoja. Tuotteiden manuaaliset kuljetukset työvaiheiden välillä pyritään minimoimaan ja tuotteiden siirrot pyritään automatisoimaan. Kuvassa 6 on kuvattu tuotannon linjavalmistus malli.

## TUOTANNON LINJAVALMISTUSMALLI



**Kuva 6.** Tuotannon linjavalmistusmalli

Tuotantolinjalla käytetään pitkälle erikoistunutta henkilöstöä. Työn sisältö on suppeaa ja työt ovat usein valvontatyötä tai jatkuvasti toistuvaa työtä. Linjatuotannossa työntekijöiden työnohjausvalvonta on korvattu valmistuksen valvonnalla linjan alku- ja loppupäässä.

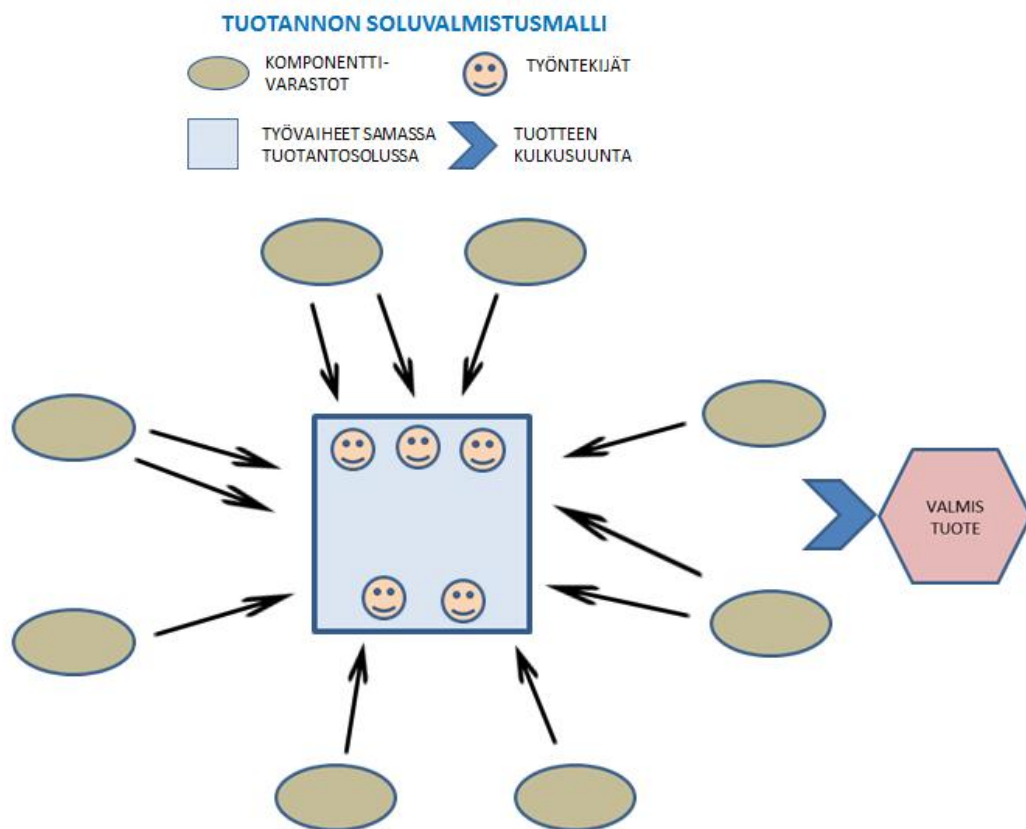
Tuotantolinjan toiminnan ehto on hyvin suunniteltu, linjatuotantoon täysin sopiva tuote. Suurille tuotantomäärille suunniteltu tuotantolinja on jäykkä muutoksille. Suuret muutokset vaativat tuotannon keskeytyksen ja tulevat kalliiksi. Tuotantolinjassa ilmenevät häiriöt ovat myös haitallisia, koska yleensä häiriö keskeyttää linjan tuotannon./6/

#### 4.2.2 Yhdessä työpisteessä tapahtuva valmistus

Yhdessä työpisteessä tapahtuvaa valmistusta kutsutaan solutuotannoksi. Tuotantosolu on itsenäinen yksikkö, jossa työskentelee 1 tai useampi henkilö. Tuotantosolumallissa koko ryhmä on tuotannonohjauksen perusyksikkö, eikä vain



yksittäinen työpaikka (**kuva 7**). Tuotantosolu on tuotantolinjaa pienempi ja joustavampi ja sen vuoksi siellä on mahdollista valmistaa pieniäkin tuotantoeriä.



**Kuva 7.** Tuotantosolun periaatteellinen toiminta.

Henkilöstöä kouluttamalla työntekijät osaavat tehdä kaikkia solun töitä. Näin henkilöstön toimenkuva monipuolistuu, eikä työstä muodostu yksitoikkoista. Kun useat henkilöt osaavat kaikki solun työt, saadaan poissaolotilanteisiin joustavuutta./6/

### 4.3 ABB Oy Motors valmistusmalli

ABB Oy Motors and Generators yksikössä on käytössä Make-to-order ja Engineering-to-order valmistuksen ohjausmallit. Kun tilaus on saapunut, tuote valmistetaan, eli tuotteita ei tehdä varastoon. Yksinkertaiset tilaukset valmistetaan ilman suunnittelua valmiiden tuoterakenteiden ja varianttien perusteella. Erikoisemmat moottoritilaukset vaativat myös suunnittelua ja mahdollisesti erityiskomponenttien hankkimista. /8/

Valmistuksen ohjausmalli on ABB Oy Motorsin versio imuohjauksesta, jossa moottorin tilauksen käsittelyn ja suunnitteluvaiheen jälkeen moottorille tilataan tarvittavat materiaalit ja komponentit. Kokoonpanovaihetta ei voida aloittaa ennen kuin kaikki tarvittavat komponentit ovat varastoissa saatavilla kyseiselle moottorille lukittuna.

ABB Oy Motorsin kokoonpanolinjojen ensimmäinen työvaihe on staattorien runkoonpuristus, jota seuraavat järjestyksessä liitäntä, roottorin asennus, laakerointi, linjakoeistus, maalaus ja lopputäydennys. Jokaisessa vaiheessa tehdään varsinaisten päätoimenpiteiden lisäksi pienempiä asennuksia, joita toteutetaan asiakkaan toiveiden mukaisesti. Vaiheet sijaitsevat fyysisesti kokoonpanojärjestyksessä siten, että moottorit liikkuvat vaiheesta toiseen rullarataa pitkin tai lyhyitä nostoja käyttämällä. Joissakin erityistapauksissa siirtomatkat voivat olla pidempiä. Tällöin siirrot tehdään logistiikkaosaston trukeilla. Pidemmän matkan siirtoja voivat olla esimerkiksi siirto takometriasennukseen tai siirto lentokaapeli-asennukseen.

Jokaiselle kokoonpanon vaiheelle on kokoonpano-ohjeet ABB Oy Motorsin ohjetietokannassa.

#### **4.3.1 Staattorien runkoonpuristus**

Staattorien runkoonpuristusvaiheessa staattori painetaan moottorin rungon sisään runkoonpuristuskoneella. Runkoonpuristuskoneella saavutetaan hydraulisesti paine, joka vaaditaan rungon ja staattorin välisen kitkan voittamiseen. Puristuspainelle on olemassa moottorien mallikohtaiset minimi- ja maksimiarvot, joiden toteutumista voidaan seurata puristinkoneen näytöltä. Puristuspaineen minimi- ja maksimiarvot on kerrottu ABB Motorsin kokoonpano-ohjeissa, jotka on saatavilla tehtaan omasta ABB Oy Motors-ohjekannasta.

#### **4.3.2 Liitäntä**

Liitäntävaiheessa staattorin käämeistä ulostulevat kaapelit ja johdotukset yhdistetään rungon ulkopuolelle asennettavien liitinalustan ja lisälaitetekiskon kaapelointiin ja johdotukseen. Liitäntävaiheessa on myös sidottava kaapelointi

tiivisti vasten staattorin käämiä kaapeloinnin liikkumisen ja irtoamisen estämiseksi.

#### **4.3.3 Roottorin asennus**

Roottorin asennusvaiheessa roottori työnnetään moottorin rungon ja staattorin muodostaman paketin sisään asiaan sopivalla nostovälineellä.

#### **4.3.4 Laakerointi**

Laakerointivaiheessa moottoriin asennetaan laakerointiosat. Laakerikilvet ja laakerikannet kiinnitetään pulteilla, joiden kiristysmomentit on määritelty ABB Oy Motors-ohjekannassa. Laakerit asennetaan joko tarkoitukseen sopivalla laakeripuristinkoneella tai lämmittämällä laakereita niin, että ne voidaan käsin asettaa oikeaan paikkaansa. Laakerointivaiheeseen kuuluu myös esimerkiksi valvonta-antureiden-, rasvausnippojen-, tuulettimen- ja tiivisteiden asennus.

#### **4.3.5 Linjakoeistus**

Linjakoeistusvaiheessa moottori käynnistetään ja sillä ajetaan jonkin aikaa tarvittavien mittausten suorittamiseksi. Näitä mittauksia ovat mm. seisontavirtakoe ja tärinätasomittaus. Lisäksi tehdään testejä joilla varmistetaan esimerkiksi sähköisten kytkentöjen ja eristysten toimivuus. Kaikki testeistä saadut tulokset kirjataan ABB Oy Motorsin tietokantaan, josta ne ovat saatavilla asiakkaan niin halutessa.

#### **4.3.6 Maalaus**

Maalausvaiheessa moottorit maalataan asiakkaan vaatimusten mukaisella värillä ja maalilla sekä huolehditaan, että moottorin maalin paksuus on tilauksessa vaaditun mukainen. Maalausvaiheessa on myös huolehdittava että, osat ja paikat, joissa ei saa olla maalia, on suojattu asianmukaisesti.

#### **4.3.7 Lopputäydennys**

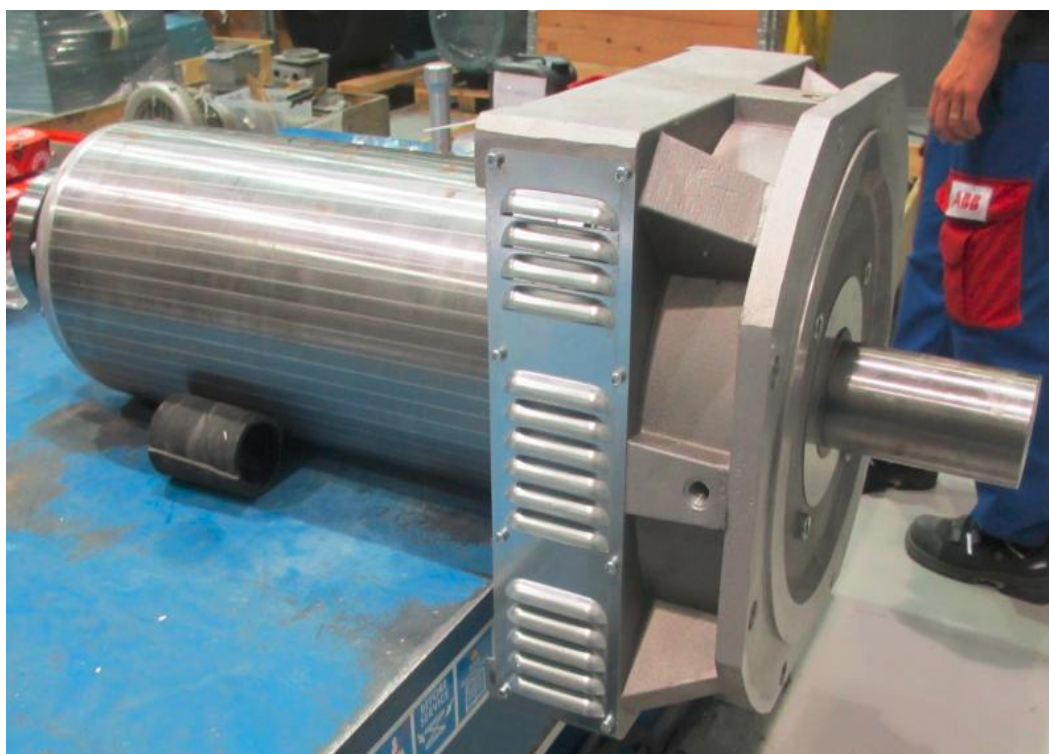
Lopputäydennysvaiheessa moottori kiinnitetään kuljetusalustaansa siten, että se ei pääse liikkumaan kuljetuksen aikana. Moottoriin asennetaan mm. liitinsuojankotelo ja tuuletinsuoja, sekä arvokilvet joista löytyvät moottorin tärkeimmät tiedot, kuten paino, suoritusarvot ja tunnistetiedot.

## 5 HDP VALMISTUS

Tässä luvussa kerrotaan HDP-sähkömoottorien kokoonpanon päävaiheista, joita ovat roottorin asennus ja laakerointi, liitäntä, linjakoeistus, maalaus ja lopputäydennys.

### 5.1 Roottorin asennus ja laakerointi

Roottorin asennus- ja laakerointivaiheessa roottori työnnetään staattoripakettiin, tai joissakin tapauksissa se nostetaan työpöydälle, jonka jälkeen akselille asennetaan laakeripohjat ja laakerit sekä moottorin D-pään laakerikilpi ja vasta tämän jälkeen roottori työnnetään staattoripakettiin. Tämän jälkeen asennetaan laakerikilvet, jotka kiinnitetään tapauskohtaisesti joko kiinnityspulteilla tai kierretanko-mutteri yhdistelmällä. Kuvassa 8 nähdään roottori, johon on asennettu laakerointi ja laakerikilpi.



**Kuva 8.** Laakerointi ja laakerikilpi asennettuna roottoriin

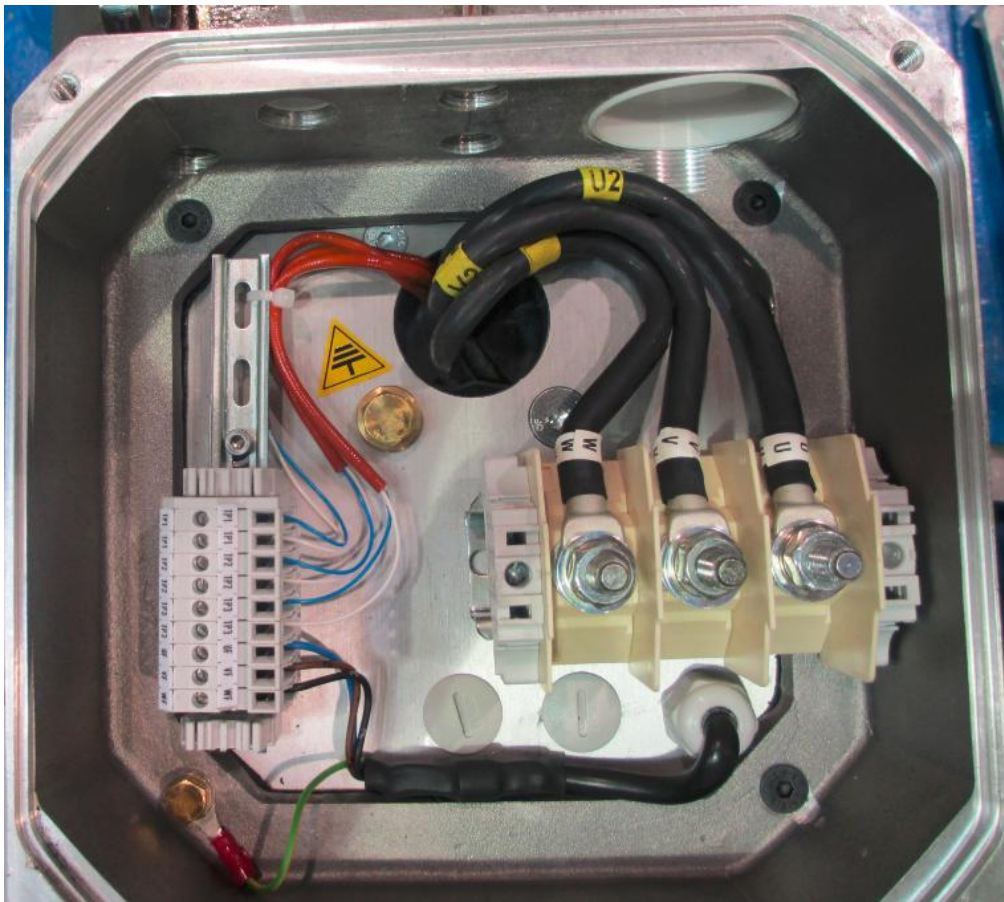
Iso osa tätä työvaihetta on myös monien suojalevyjen asennus sekä puhallinyksikön asennus. Puhallinyksikkö asennetaan jokaiseen HDP-moottoriin,

joko moottorin päälle tai moottorin perään, tarpeellisen jäähdytyksen aikaansaamiseksi. Suojalevyt tiivisteineen asennetaan puhallinyksiköltä tulevan ilmavirran ohjaamiseksi kokonaisuudessaan staattorin läpi ilman, että ilma vuotaa väärin paikkoihin.

Tähän vaiheeseen voi joissakin tapauksissa kuulua moottorin jarrujärjestelmän asennus ja usein myös takometrin asennus. Takometrillä valvotaan moottorin kierrosnopeutta ja se asennetaan lähestulkoon jokaiseen HDP-moottoriin. Joissakin tapauksissa takometri asennetaan vasta maalausvaiheen jälkeen.

## **5.2 Liitäntä**

HDP-liitäntävaiheessa staattorin käämeistä ulostulevat kaapelit ja johdotukset yhdistetään laakerikilpeen asennettavan liitinsuojakotelon sisään kiinnitettäviin liitinalustaan ja lisälaittekiskon liittimiin. HDP-moottoreissa käämeistä ulostulevat kaapelit ovat jo valmiiksi sidottu käämien pintaan kiinni, joten niitä ei sidota HDP-liitännässä. Kaapelit kiinnitetään liitinalustaan ja joissakin tapauksissa liitinalusta kootaan osista yhdeksi kokonaisuudeksi. Myös liitinsuojanrunko kootaan joissakin tapauksissa useista osista. Kaapelien kilven läpiviennissä käytetään useita ratkaisuja moottorien kokoluokittain. Kaikissa näissä ratkaisuissa on useita kiinnitystapoja ja tiivistys muotoja, jotka huomioidaan liitäntävaiheessa. Kuvassa 9 nähdään käämeiltä tulevat kaapelit liitettynä liitinalustaan.



**Kuva 9.** Kaapelit liitettynä liitinalustaan

### 5.3 Linjakoeistus

HDP-moottorien linjakoeistusvaihe poikkeaa muiden moottorien linjakoeistuksesta siten, että HDP-moottorit kiinnitetään moottorien ajon ajaksi rullarataan tai muuhun tukevaan alustaan. Moottorit kiinnitetään tiukasti alustaan kuormaliinoilla, jotta moottori ei kaatuisi. HDP-moottorit saattavat kaatua käynnistettäessä, koska niiden käynnistysvirrat ovat huomattavasti suurempia kuin muiden saman akselikorkeuden moottorien. Suuret tehot aiheuttavat sen, että moottorit pyrkivät käynnistettäessä pyörimään roottorin ympäri.

Moottorien alustaan kiinnityksestä seuraa se, että HDP-moottoreille ei suoriteta muille moottoreille tehtävää värinätasomittauksia, koska värinätason mittauksessa moottori on nostettava alustaltaan ilmaan.



HDP-moottoreille suoritettavat muut mittaukset ovat samoja kuin normaaleille moottoreille suoritettavat mittaukset. Kuvassa 10 nähdään koeistuksen virransyöttökaapelit liitettynä moottorin liitinalustaan.



**Kuva 10.** Virransyöttökaapelit liitettynä liitinalustaan

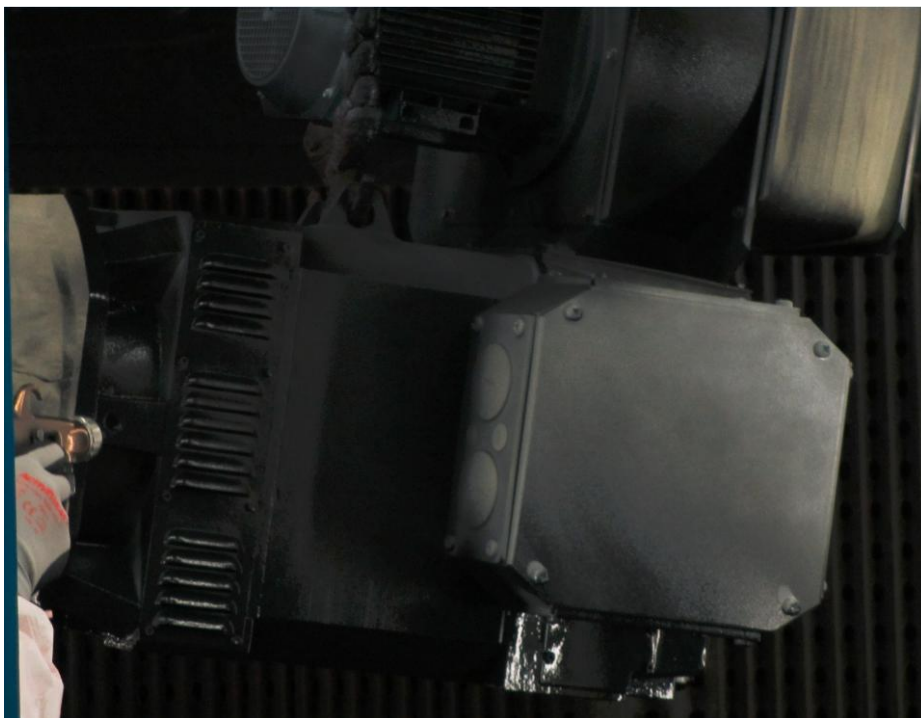
#### **5.4 Maalaus**

HDP-moottorien maalausvaiheessa moottorit maalataan asiakkaan vaatimusten mukaisella värillä ja maalilla. HDP-moottorien perusväri on musta, kun ABB:n normaalikoneiden väri on sininen. HDP-moottorien komponenteista vain pieni osa on pohjamaalattuja, joten on erityisen tärkeää, että maalattavat pinnat ovat puhtaita. HDP-moottoreissa on joitakin kotelomaisia rakenteita joissa huomioidaan maaliumun pääseminen vaikeastikin tavoitettaviin pintoihin. Tällaisissa rakenteissa joitakin komponentteja irrotetaan moottorista maalauksen ajaksi ja komponentit maalataan erillään moottorista.

Maalausvaiheessa huolehditaan että osat ja paikat, joissa maalia ei saa olla, suojataan asianmukaisesti. HDP-moottoreissa käytetään usein takometrejä, jotka asennetaan vasta maalausvaiheen jälkeen. Näissä tapauksissa varmistetaan, että



maalaa ei pääse takometrin asennuksessa tarvittaviin kierrereikiin. Kuvassa 11 nähdään moottori maalausvaiheessa.

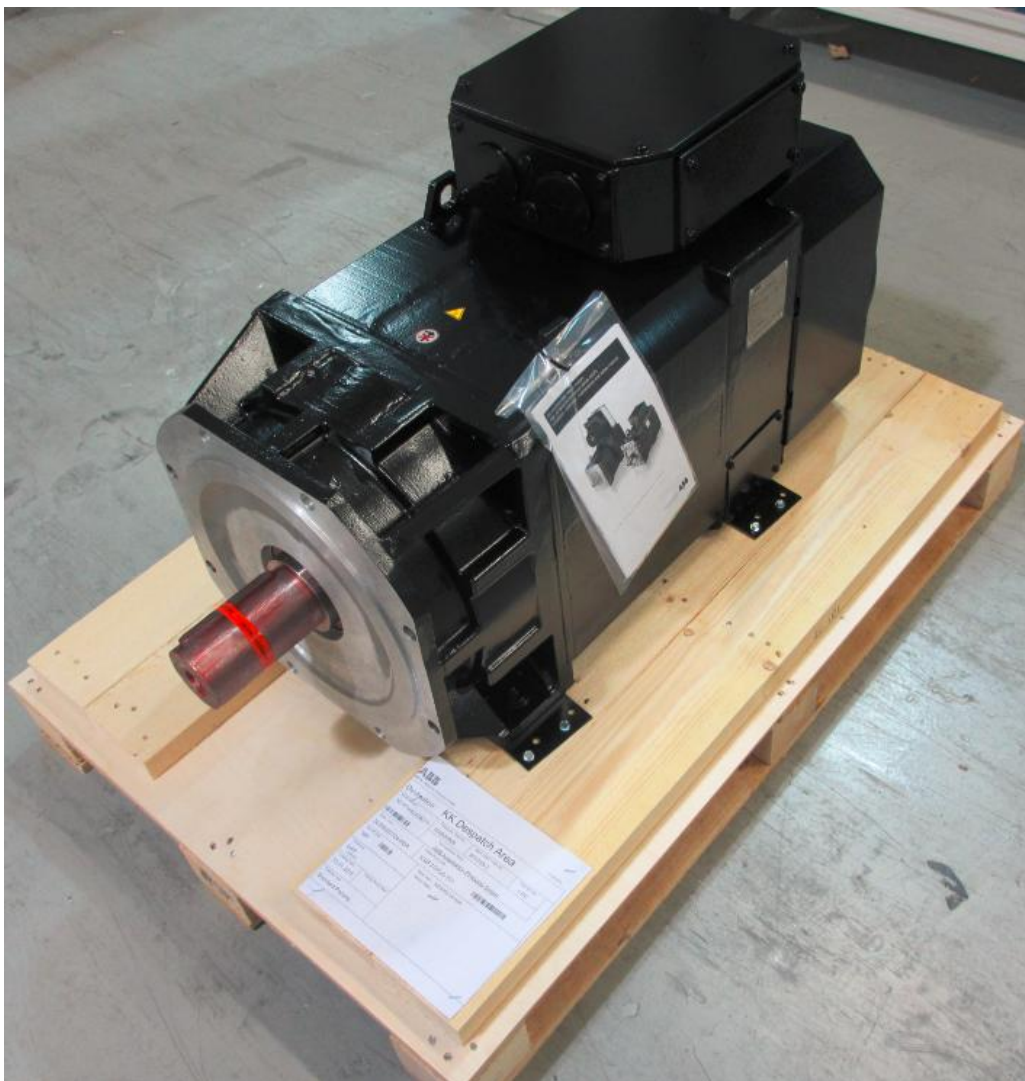


**Kuva 11.** Moottori maalauksessa

### **5.5 Lopputäydennys**

Maalausteknisistä syistä johtuen asennetaan joihinkin HDP-moottorimalleihin erillispuhallin ja takometri vasta lopputäydennysvaiheessa. HDP-moottoreissa käytetään aina erillispuhallinta, joten lopputäydennysvaiheessa ei asenneta tuuletinsuojaa kuten normaalikoneissa.

Lopputäydennysvaiheessa moottori kiinnitetään kuljetusalustaan ja moottoriin asennetaan arvokilvet ja tarvittavat varoitustarrat. Lisäksi moottoriin kiinnitetään dokumenttipussi jossa ovat mm. vaatimustenmukaisuustodistus ja käyttöohjeet. Kuvassa 12 nähdään moottorin arvokilpi ja varoitustarrat asennettuna paikoilleen.



**Kuva 12.** Arvokilpi ja varoitustarrat paikoillaan/11/

## 6 HDP SOPIVUUS LINJAKOKOONPANOON

Tässä luvussa tarkastellaan HDP-moottorien soveltuvuutta linjakokoonpanoon. Tarkastelu ja pohdinta perustuu keskusteluihin joita on käyty HDP-moottorien valmistukseen kytköksissä olevien henkilöiden kanssa. Henkilöiden työtehtävät liittyvät mm. moottoreiden kokoonpanoon, suunnitteluun, komponenttien ostoon, tuotehallintaan ja myyntiin. Erityisesti pohdinta perustuu moottorikokojen 200 ja 250 kokoonpanossa töitä tekevän asentaja Mika Myllyahon kanssa käytyihin keskusteluihin ja opinnäytetyön tekijän omiin yli 6:n kuukauden kokemuksiin moottorien kokoonpanosta.

HDP-moottorin historia tuotteena on lyhyt. Moottori on alun perin suunniteltu Italiassa, jonka jälkeen sen valmistus siirtyi Ruotsiin n. 2 vuodeksi, josta sen valmistus siirtyi Vaasaan. Lyhyen aikavälin sisällä taphtuneista siirroista johtuen HDP-moottoreiden rakennetta ja valmistusta ei ole ehditty kehittää alkusuunnittelun jälkeen. Vaasassa HDP-moottorien valmistus on saatu toimimaan kohtalaisen normaalisti vasta vuoden 2015 tammikuussa, joten kokemusta moottorien rakenteen toimivuudesta ja valmistettavuudesta ei ole vielä kovinkaan paljon.

Jo nyt on kuitenkin huomattu, että HDP-moottorien lyhyestä kehityshistoriasta johtuen, kehityspotentiaalia moottorien rakenteesta ja valmistettavuudesta löytyy paljon. Moottorien kokoonpanosta on selkeästi eroteltavissa moottorin asennus ja laakerointi-, liitäntä-, linjakoeistus-, maalaus- ja lopputäydennysvaiheet, jotka on käyty läpi aiemmassa luvussa.

HDP-moottorien kokoonpanoa linjaympäristössä ajateltaessa on huomioitava työvaiheiden vaiheajat. Työvaiheiden vaiheajat saattavat poiketa huomattavasti normaalikoneiden vastaavien työvaiheiden vaiheajoista. HDP-moottorien monien malliversioiden kokoonpanoeroista ja valmistuksen vähäisestä kokemuksesta johtuen, ei tarkkoja tai edes keskimääräisiä vaihevalmistusaikoja voida vielä määritellä. Tähänastisen kokemuksen perusteella on kuitenkin selvää, että vaihevalmistusajat ovat kuitenkin pidempiä kuin normaalikoneilla.

Linjakokoonpanossa vaihevalmistusajat on tärkeää olla tiedossa, että voidaan asettaa työntekijöitä vaihevalmistustyöpisteisiin siten, että vältetään ruuhkilta joidenkin työpisteiden edessä. Riippumatta kokoonpanotavasta on tärkeää, että kokoonpanon yhteyteen järjestetään toimivat palvelut, joita ovat logistiikan kuljetus- ja siirtotoimet sekä setitystoiminta.

HDP-moottoreille soveltuvia kokoonpanomalleja ovat nykyinen malli, jossa moottorien kokoonpano tapahtuu yhdessä työpisteessä, normaalimoottorien kanssa samalla kokoonpanolinjalla tapahtuva kokoonpano ja malli, jossa kaikki HDP-moottorit kootaan omalla kokoonpanolinjallaan.

### **6.1 Kokoonpano yhdessä työpisteessä**

Tällä hetkellä on käytössä malli jossa kaikki työvaiheet, lukuunottamatta linjakoestusta ja maalausta, tehdään samassa työpisteessä. Tämä malli on Vaasassa saatu alkuvaikeuksien jälkeen toimimaan kohtalaisesti. Tämän mallin hyviin puoliin lukeutuu ehdottomasti se, että työntekijät joutuvat päivittäin tekemään töitä kaikissa työvaiheissa, jolloin osaamisen taso joka työvaiheesta säilyy koko ajan huipussaan ja työ pysyy monipuolisena eikä poissaoloilla ole niin suurta vaikutusta valmistukseen.

Huonoja puolia ovat aikaa vievät siirrot linjakoestuksen, maalauksen ja kokoonpanotyöpisteen välillä. Lisäksi HDP-moottoreiden ottaminen linjakoestukseen ja maalaukseen normaalin linjatuotannon välissä aiheuttaa viivästyksiä ja turhia nostoja niin normaaleille moottoreille kuin HDP-moottoreillekin.

Kun kokoonpano tapahtuu yhdessä työpisteessä, joudutaan kaikissa kokoonpanovaiheissa tarvittavat komponentit sijoittamaan mahdollisimman lähelle samaa työpistettä. Tällöin HDP-moottoreissa tarvittava huomattavasti suurempi komponenttien määrä kuin normaalikoneissa aiheuttaa tilanpuutteesta johtuvia ongelmia. Lisäksi komponenttien keräily, jonka suorittaa tällä hetkellä kokoonpanijat, tapahtuu samassa paikassa jossa myös itse kokoonpano tapahtuu.

Tuotantovalyymien kasvaessa huonot puolet kertautuvat ja kokoonpano käy hankalammaksi. Jo pelkästään tilan ahtaus tulee aiheuttamaan ongelmia. Esimerkiksi tällä hetkellä maalatut moottorit palautuvat takaisin kokoonpanotyöpisteeseen lopputydennettäväksi, jolloin työpisteessä on aloitettu tekemään seuraavia moottoreita. Tämä aiheuttaa tilan ja työvoiman riittämättömyyttä ja sekaannuksien vaara kasvaa.

Tuotantovalyymien kasvaessa setitystoiminta on ensiarvoisen tärkeää, koska komponenttien suuresta määrästä johtuen kokoonpanoajasta suuri osa kuluu komponenttien keräilyyn.

## **6.2 Kokoonpano normaalituotannon joukossa**

Kokoonpano normaalituotannon joukossa voidaan ajatella mahdolliseksi, koska HDP-moottorien kokoonpanossa on eroteltavissa vaiheet samoin kuin normaalimoottoreissa. HDP-moottorien kokoonpanovaiheiden järjestys on kuitenkin eri kuin normaalimoottoreissa ja työvaiheiden ajat ovat pidempiä. Tästä johtuen HDP-moottorien kokoonpano normaalimoottorien joukossa voi olla hankalasti toteutettavissa siten, että se ei viivästyttäisi normaalituotantoa.

Nykyisillä layout-järjestelyillä HDP-moottoreita jouduttaisiin peruuttamaan takaisinpäin tuotantolinjalla, koska liitävävaihe toteutetaan vasta kokoonpanovaiheen jälkeen. Lisäksi HDP-moottorien laakeroinnin asennus tapahtuu lämmityssovitteita käyttäen, kun taas normaalikoneiden laakerointi asennetaan pääsääntöisesti hydraulista laakeripuristinta käyttäen.

Jos HDP-moottorien kokoonpano toteutettaisiin normaaleilla tuotantolinjoilla, olisi linjalayoutteihin tehtävä muutoksia, jotka mahdollistaisivat HDP-moottorien joidenkin vaiheiden toteutuksen sivussa normaalista kokoonpanovirtauksesta. Olisi rakennettava HDP-moottoreille eräänlaisia sivutyöpisteitä, joista olisi helppo yhdistää HDP-moottorit normaaliin tuotantovirtaukseen työvaiheen valmistuttua. Layoutissa olisi myös huomioitava HDP-moottorien mukanaan tuoma suuri komponenttien määrän lisäys. HDP-moottorien komponenttien setitys mahdollistaisi komponenttien varastoinnin kauempana itse työpisteistä.

### 6.3 Kokoonpano omalla HDP-kokoonpanolinjalla

Uuden HDP-moottorien kokoonpanolinjan perustaminen mahdollistaisi kaikkien HDP-moottorikokoluokkien kokoonpanon samalla linjalla. Tästä olisi etuna mm. kaiken HDP-kokoonpano-osaamisen keskittyminen samaan paikkaan, mikä toisi joustoja sairastumisien ja lomien aikaan.

HDP-kokoonpanolinjan layout voitaisiin suunnitella siten, että työvaiheet olisivat linjalla HDP-moottoreille ominaisessa järjestyksessä ja työvaiheet olisivat mahdollisimman sulavasti sekä nopeasti toteutettavissa. Komponentit voitaisiin sijoitella järkevästi tuotantolinjan läheisyyteen.

Työvoimaresursseja olisi helpompi sijoitella nopealla varoitussajalla työvaiheisiin joissa on ruuhkaa. Uuden työvoiman kouluttaminen olisi helpompaa, kun kaikki kouluttamiseen kykenevät olisivat samalla tuotantolinjalla käytettävissä. Myös tässä kokoonpanomallissa setitystoiminta nopeuttaisi moottorien kokoonpanoa.

Oman HDP-kokoonpanolinjan rakentamisen suurin este on tilan puute ja kustannukset. Uuden kokoonpanolinjan rakentamisesta seuraa kustannuksia, joiden kannattavuutta joudutaan arvioimaan. Vaasan ABB Motorsin tuotantotilat ovat tällä hetkellä miltei täyteen rakennettuja, joten uuden kokoonpanolinjan rakentaminen edellyttäisi muutoksia nykyisten tilojen layout-järjestelyihin.

Jos HDP-moottorien tuotantovolyymit kasvavat tulevaisuudessa merkittävästi, on oman kokoonpanolinjan rakentaminen HDP-moottoreille vakavasti harkittavissa oleva vaihtoehto.

## **7 HDP-LAADUNVARMISTUS- JA KOKOONPANO-OHJE**

Yksi osa opinnäytetyöstä on kokoonpano-ohjeen tuottaminen osaksi HDP-moottorien laadunvarmistussuunnitelmaa. HDP-moottorien tuotanto on siirretty syksyn 2014 aikana Vaasan ABB Motorsille Ruotsin Västeråsista. HDP-moottorit ovat täysin uusi tuote Vaasan ABB Motorsin tuotevalikoimaan, joten niille ei ole olemassa laadunvarmistussuunnitelmaa, joka olisi vastaavanlainen kuin muiden Vaasan ABB Motorsin tuotteiden laadunvarmistussuunnitelmat.

Kokoonpano-ohje kohdistuu HDP-moottorien työvaiheisiin, joita on käsitelty tarkemmin opinnäytetyön luvussa 5 HDP-moottorien valmistus. Työvaiheita ovat roottorin asennus ja laakerointi, liitäntä, linjakoeistus, maalaus ja lopputäydennys.

### **7.1 Laadunvarmistus yleisesti**

Laadunvarmistus on se osa laadunhallintaa, jolla pyritään antamaan luottamus siihen, että kaikki laatuvaatimukset tullaan täyttämään. Luottamuksen saavuttamiseksi laadunvarmistuksen tulee sisältää sellaisia suunniteltuja ja laadunhallintajärjestelmällisiä toimintoja, että laatuvaatimukset tullaan täyttämään. Laadunhallintajärjestelmän on voitava tarvittaessa osoittaa toimivaksi.

Laadunvarmistussuunnitelma on yksi laadunvarmistuksen työkaluista. Se kohdistuu johonkin tiettyyn tuotteeseen, projektiin liittyviin prosesseihin tai sopimukseen. Laadunvarmistussuunnitelma on osa toimittajan ja asiakkaan välistä avointa kommunikointia, jolla vakuutetaan että laatuvaatimukset tullaan täyttämään./9/

## 7.2 HDP-laadunvarmistussuunnitelma

Vaasan ABB Motorsille tehtävä HDP-laadunvarmistussuunnitelma sisältää HDP-moottorien valmistuksen toiminnot komponenttien valmistuksesta ja vastaanottotarkastuksesta aina moottorien asiakkaalle lähettämiseen saakka. Laadunvarmistussuunnitelmaan ei kuitenkaan kuulu alihankintana tehtävien komponenttien valmistuksen ohjeistaminen. Alihankkijoiden toiminnan laatu varmistetaan auditoinneilla ja alihankkijoiden valmistamien komponenttien laatua valvotaan vastaanottotarkastuksilla.

Laadunvarmistussuunnitelman laativat kustakin HDP-valmistukseen liittyvästä toiminnosta valitut henkilöt tarvittavien asiantuntijoiden avustuksella. Pohjana ovat muiden tuotannossa olevien moottorityyppien laadunvarmistussuunnitelmat.

Opinnäytetyön liitteenä on HDP-laadunvarmistussuunnitelmaan tehty prosessikaaviokuva (LIITE 2), jossa HDP-moottorien valmistukseen liittyvät toiminnot käydään läpi vaiheittain komponenttien ja moottorien valmistumisen mukaisessa järjestyksessä. Monet HDP-moottorien valmistuksen vaiheista ovat täysin samanlaisia kuin normaalien koneiden valmistuksen vaiheet, joten ne on voitu pitää samanlaisina HDP-laadunvarmistussuunnitelmassa.



### **7.3 HDP-moottorien kokoonpano-ohje**

HDP-moottorien kokoonpano-ohjeesta on tehty ulkoasultaan vastaavanlainen kuin muidenkin moottorien kokoonpano-ohjeista. Se on sijoitettu ABB Motorsin ohjetietokantaan ja linkitetty laadunvarmistussuunnitelmaan. Kokoonpano-ohje käy läpi HDP-moottorien kokoonpanon vaiheet suorittamisjärjestyksessä roottorin asennuksesta lopputäydennykseen.

HDP-moottorien kokoonpano-ohjeesta on tehty yleisluontoinen siten, että sitä voidaan soveltaa kaikkiin HDP-moottorien kokoluokkiin. HDP-moottorien kaikissa kokoluokissa on useita eri moottorimalleja ja osa moottoreista on asiakkaan toiveesta erittäin monimutkaisiksi suunniteltuja, joten moniin moottorimalleihin on aina oltava erilliset piirustukset ja ohjeet sekä tarvittaessa on tehtävä yhteistyötä suunnitteluosaston kanssa kokoonpanoon liittyvissä asioissa.

HDP-laadunvarmistussuunnitelman prosessikaavio on liitteessä 2 ja kokoonpano-ohje liitteessä 3.

## 8 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön teko on vetänyt työn tekijän melko syvälle HDP-moottorien valmistuksen maailmaan. Tutustuminen HDP-moottoreihin alkoi jo kesällä 2014, kun tehtiin vierailu ABB Motorsin Ruotsin tehtaalle Västeråsiin. Västeråsissa tutustuttiin ruotsalaisten HDP-moottorien valmistusmalliin, ja siihen on voinut tehdä vertailuja omaa valmistusta mietittäessä. Lisäksi kesän 2014 jälkeen on kertynyt varsinaista kokoonpanon käytännön kokemusta yli 6 kuukauden ajan, joten voidaan sanoa, että tietoa HDP-moottorien kokoonpanosta on ehtinyt kertyä paljon.

Näiden kokemusten ja työntekijöiden kanssa käytyjen keskustelujen perusteella voidaan todeta, että HDP-moottorien kokoonpano on saatu rullaamaan jouhevasti ja monista alun ongelmista on päästy eroon. HDP-moottori on tuotteena vasta elinkaarensa alkupuolella, joten on nähtävissä paljon kehityskohteita, joiden avulla valmistusta voidaan huomattavasti nopeuttaa ja helpottaa. Esimerkiksi HDP-moottorien monissa teknisissä ratkaisuissa on paljon yksinkertaistamisen mahdollisuuksia.

Jos moottorien tuotantovolyymit pysyvät maaliskuun 2015 tasolla, voidaan HDP-moottorien kokoonpanoa suorittaa nykyiselläkin kokoonpanomallilla. Jos tuotantovolyymit kasvavat, joudutaan harkitsemaan muutosten tekoa nykyisiin kokoonpanomalleihin. Tällöin harkittavaksi tulevat nykyisten kokoonpanotilojen laajentaminen, oman HDP-kokoonpanolinjan rakentaminen tai jonkinlainen kokoonpanon integrointi normaaliin linjakokoonpanoon. Integrointi normaaliin linjakokoonpanoon voidaan tällä hetkellä nähdä vaikeasti toteutettavaksi, mutta mahdollista sekin on. Myös työvoimaresursseja joudutaan kasvattamaan tuotantovolyymien kasvaessa.

Tuotantovolyymeistä riippumatta jonkinasteista setitystoimintaa on harkittava kokoonpanon helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi.

HDP-moottorien kokoonpanoa voidaan jatkaa näillä tuotantovolyymeillä nykyisessä työympäristössä. Jos tuotantovolyymit kasvaa on HDP-työpisteeseen

harkittava toisen nostotyöpöydän hankintaa koska, jos työntekijöiden määrää lisätään on myös työpöytien määrää lisättävä. Pienimmät HDP-moottorien kokoonpanokomponentit ovat hyvin saatavilla HDP-työpisteen lähistöllä, mutta osa komponenteista on varastoituna varastohyllyihin, jotka sijaitsevat tavaran vastaanotto-osastolla kaukana HDP-työpisteestä.

HDP-moottorien kokoonpanoa voidaan tehostaa hankkimalla HDP-työpisteeseen tulityövaunu, jossa voidaan lämmitää suurimassaisia lämmityssovitteisia valurautakomponentteja. Tulityövaunussa lämmitettäessä voidaan käyttää tehokasta kaasupuhallinta, jolla komponentti saadaan lämmitettyä moninkertaisesti nopeammin kuin lämmitysuunissa.

HDP-moottoreiden kokoonpanon aikana joudutaan suorittamaan nostoja ja tukemaan moottoreita mm. nostoliinoilla. Joissakin tilanteissa moottori ja roottori-laakerikilpipaketti joudutaan sijoittamaan osin työpöydän reunan yli. Tällöin moottoria tuetaan nostovälineillä johtuen siitä, että moottorin painopiste on lähellä työpöydän reunaa. Näihin nostotilanteisiin voisi olla hyvä kehittää parempia nostovälineitä ja työtapoja. Tällä hetkellä HDP-moottorien asentajat ovat kokeneita ja osaavat toimia oikein nostotilanteissa, mutta jos työpisteeseen otetaan uusia työntekijöitä, on heidät perehdytettävä erityisen hyvin nostojen suorittamiseen.

HDP-moottorien kokoonpanovaiheessa on huomattu, että on olemassa HDP-moottorimalleja, joihin ei ole saatavilla kokoonpanopiirustuksia tai muitakaan kokoonpano ohjeita. Lisäksi monet mittapiirustukset ovat Italiassa piirrettyjä alkuperäispiirustuksia, joissa esimerkiksi mittatoleranssit ovat joiltain osin vaikeasti toteutettavissa ja piirustukset ovat tietokannoissa joihin asentajilla ei ole pääsyä. HDP-moottorien työkorkeissa on myös huomattu paljon puutteita ja virheitä. Näiden virheiden korjaamiseksi on asentajille avattu tiedosto johon voidaan kirjata kehitysehdotuksia korttivirheitä koskien. Myös muita HDP-moottoreita koskevia kehitys ehdotuksia voidaan kirjata samaan tietokantaan. Quality notificatioiden tekeminen on myös keino poistaa virheitä moottorien rakenteelta. Tulevaisuudessa ollaan perustamassa ryhmä, joka keskittyy tarkemmin HDP-moottorien rakenteen parantamiseen ja yksinkertaistamiseen.

Moottorien rakennetta parantamalla voidaan nopeuttaa ja helpottaa moottorien kokoonpanoa.

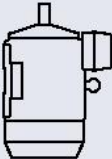


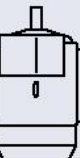

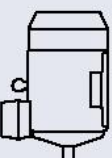






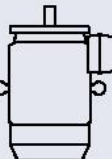

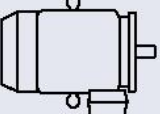
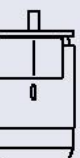


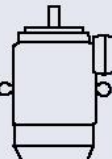

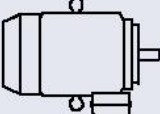
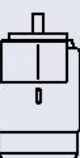


Kaikenkaikkiaan näen HDP-moottorit positiivisena lisäyksenä Vaasan ABB Motorsin tuotevalikoimaan. HDP-moottoreissa on paljon kehityspotentiaalia, jonka toteutuessa voidaan saavuttaa uutta myyntiä ja uusia asiakkaita myös muille ABB Motorsin moottoreille. HDP-moottorien valmistuksen käynnistysvaiheessa olen huomannut että vaikka uuden tuotteen kanssa voi ilmetä monia ongelmia, on tärkeää ylläpitää positiivista suhtautumista tuotteeseen ja sen kanssa työtekeviin ihmisiin. Negatiivisuus keskeyttää kehityksen ja ihmisten välisen yhteistyön.

## LÄHTEET

- /1/ ABB-yhtymä. ABB yhtymän verkkosivut. Viitattu 9.3.2015  
<http://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/yhtyma>
- /2/ Sähkömoottori. Wikipedia. Viitattu 15.3.2015.  
<http://fi.wikipedia.org/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6moottori>
- /3/ ABB Oy, The Motor Guide, Second edition 2005. Viitattu 15.3.2015
- /4/ Heikkilä, J. & Ketokivi, M. 2009. Tuotanto murroksessa. 19-20. toinen painos. Jyväskylä. Gummerus kirjapaino Oy.
- /5/ Skyttä, A. 2005. Tiimitys ja sen läpivienti. 38. Otava.
- /6/ Syri, M. 2010. Uuden tuotantolaitoksen layoutsuunnitelma ja tuotantotekninen suunnittelu. Theseus.fi. Ylivieska.  
[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/20929/Syri\\_Markus.pdf?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/20929/Syri_Markus.pdf?sequence=1)
- /7/ Lapinleimu, I, Kauppinen, V & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo. WSOY.
- /8/ Puolitaival, N. 2013. Tilausmuutosten ehkäiseminen ja niiden käsittelyn tehostaminen. ABB Oy Motors tutkimustyöt tietokanta.
- /9/ Suomen standardisoimisliitto SFS ry. 2011. Kalvosarja oppilaitoksille. Johdanto laadunhallintaan ja ISO 9000 –standardeihin. Viitattu 6.4.2015.
- /10/ Kördel, L. Johansson, J. Moottorinohjaus. 1 p. IS-VET, Iisalmi 2004. ISBN: 952-5312-54-2.
- /11/ ABB-yhtymä. ABB inside.fi. Viitattu 11.4.2015.  
<http://fi.inside.abb.com/product/ap/seitp322/2c4a056dbae3a158c1257a940031967d.aspx>

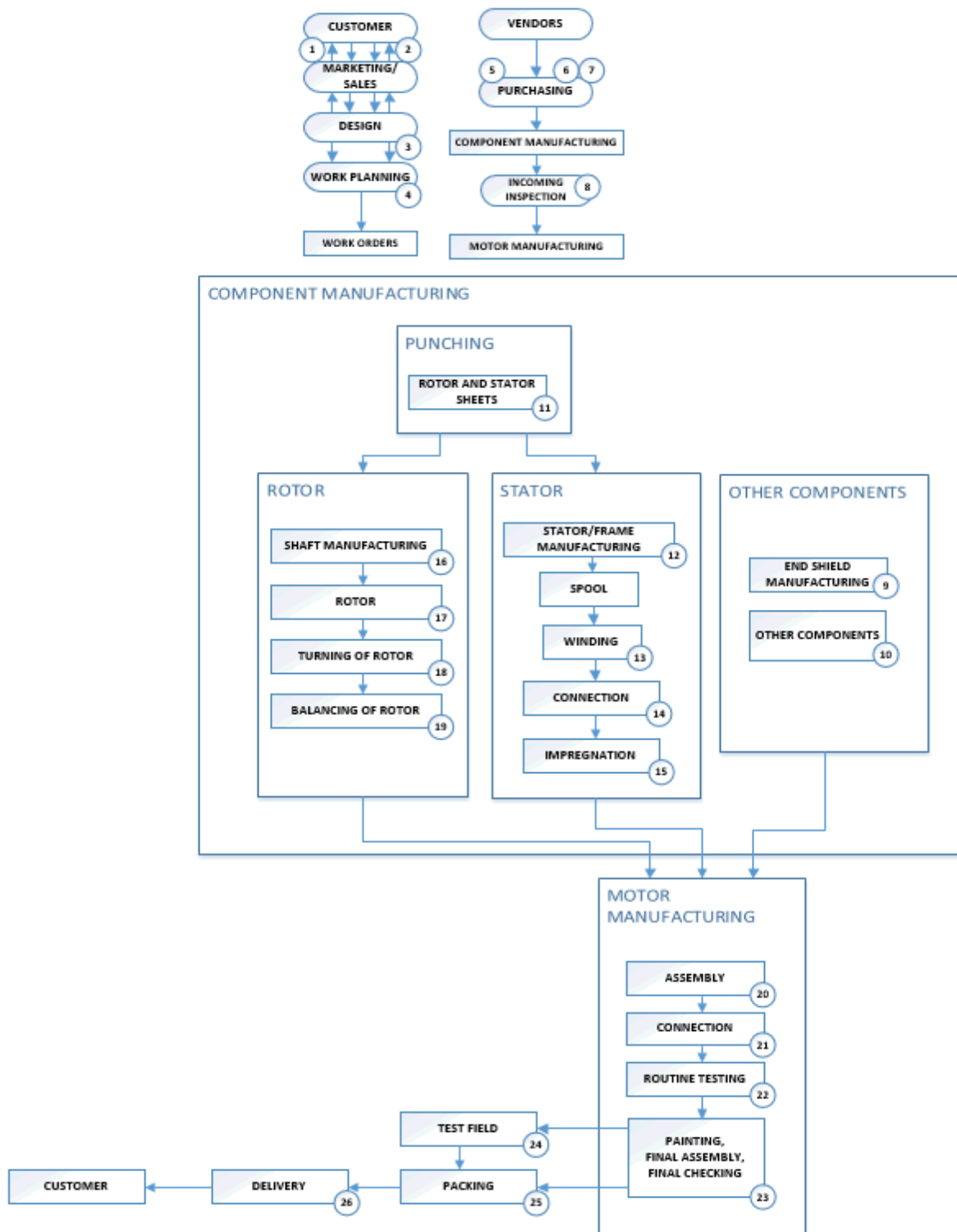
ABB:N SÄHKÖMOOTTORIEN ASENNUSASENNOT

Examples of common mounting arrangements

Code I Code II	IM B3 IM 1001	IM V5 IM1011	IM V6 IM 1031	IM B6 IM1051	IM B7 IM 1061	IM B8 IM 1071
						
Code I Code II	IM B5 IM 3001	IM V1 IM 3011	IM V3 IM3031	*) IM 3051	*) IM 3061	*) IM 3071
						
Flange-mounted motor, large flange with clearance fixing holes.						
Code I Code II	IM B14 IM 3601	IM V18 IM 3611	IM V19 IM 3631	*) IM 3651	*) IM 3661	*) IM 3671
						

\*) Not stated in IEC 60034-7

## HDP-LAADUNVARMISTUSSUUNNITELMAN PROSESSIKAAVIO



## HDP-MOOTTORIEN KOKOONPANO-OHJE

**HDP\_series\_Sizes\_H100\_to\_H250\_ moottoreiden kokoonpano-ohje** Tämä ohje koskee HDP\_series\_Sizes\_H100\_to\_H250\_ kokoonpanoa ellei toisin määrätä.

### 1. Yleistä

- Kaikki koneistetut liitospinnat suojataan suojarasvalla (esim:alumiiniliitosrasvalla 3GZF354030-463).
- Kaikki ylimääräiset kierrereiät tulpataan.
- Maalataan erillisen ohjeen (FIMOT1954 [Notes Link](#)) mukaan
- Seuraavat ruuvit lukittava ruuvilukitteella 3GZF354030-20.
  - välilaipan kiinnitysruuvit
  - liitinalustan kiinnitysruuvit
  - riviliitinkiskon kiinnitysruuvi
  - laakerikilpien kiinnitykseen käytettävät pinnapultit.
- RST-ruuvit voidellaan tarttumisenestoaineella (esim. Wurth HSP1400) ennen kiinnitystä
- Liitännän kokoonpanopiirustuksien (3KGP.4.HDP.004 - 3KGP.4.HDP.020) mukaan
- Moottorien kokoonpanosaattokortissa olevan kokoonpanopiirustuksen mukaan
- Epäselvissä tapauksissa on otettava yhteys suunnittelijaan.

### Moottorin maalattavien pintojen puhtaus

Mitään merkintöjä moottorin ulkopinnalle ei saa tehdä tuotannossa. Tarvittaessa viestintä hoidetaan esimerkiksi erillisillä lapuilla.

Jokainen työvaihe vastaa siitä, että moottori on puhdas, kun se lähetetään seuraavaan vaiheeseen. Mikäli kokoonpanon aikana moottorin ulkopinnalle pääsee rasvaa tai muuta epäpuhtautta, se tulee poistaa välittömästi.

Rasvanipan suojus kiinnitetään paikalleen aina laakerin rasvauksen yhteydessä. Kaikki näkyvä rasva pyyhitään pois ennen nipan suojuksen asennusta. Moottorin ulkopinta tulee olla kokoonpanon ja koestuksen jälkeen niin puhdas, ettei maalauksessa tarvitse tehdä puhdistustoimenpiteitä (katso kuvat alla).



VÄÄRIN

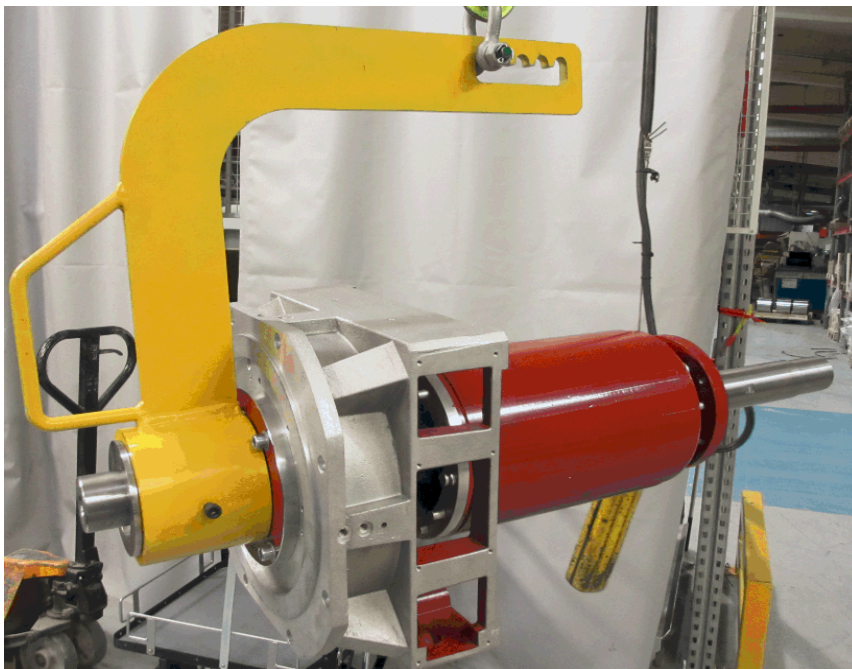


OIKEIN



## 2. Staattori ja roottori

- Vaihekaapeli poikkipinnat saadaan laskelmasta/työkortista.
- Vaihekaapelit merkitään vaihemerkintäteipillä kytkentäkaavion mukaan.
- Kaapelikengät ja jatkoholkit asennetaan ohjeen ("Kytkenän työohje" FIMOT0234 [Notes Link](#)) mukaan.
- Lisälaitteet asennetaan erillisten ohjeitten mukaan (esim termistorit: FIMOT0233 [Notes Link](#)).
- Huomautus roottorin asennuksesta: Roottorin nostossa on käytettävä siihen tarkoitettua nostovälinettä, johon on yhdistetty akselille sopiva nylon holkki. (kuva alla)



## 3. Maadoitus

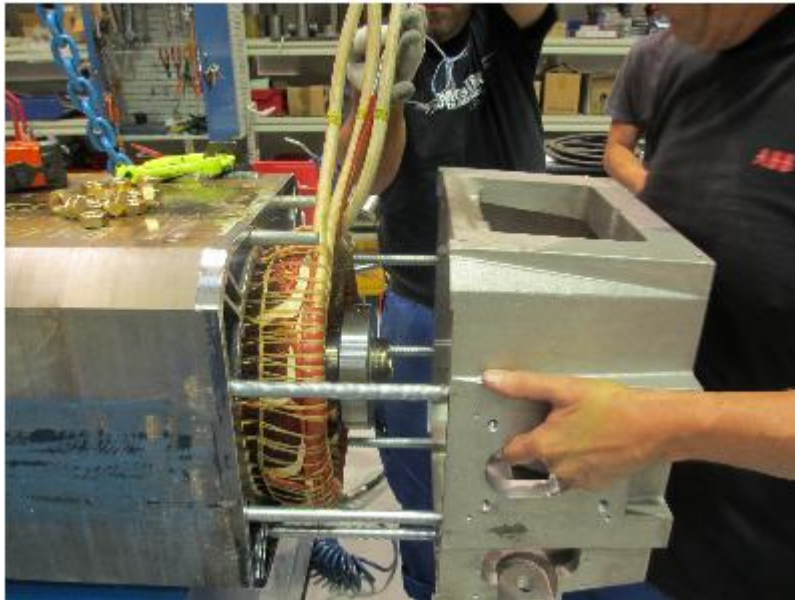
- Maadoitusruuvien paikat puhdistetaan huolellisesti ja suojataan alumiiniliitosrasvalla (3GZF354030-463).
- Vakiomaadoitus koostuu kuusiokoloruuvista, aluslevystä ja painetasauslaatasta.
- Maadoitusruuvit merkitään tarralla(16551350.)

#### 4. Laakerointi

- Laakerikilven rasvakanava on puhallettava puhtaaksi paineilmalla ja täytettävä työkortissa mainitulla ensiasennusrasvalla (Esim. SKF LKHP 2) ennen kuin kilvet asennetaan moottoriin.
- Huom! Paineilmalla suoritettava puhdistus on tehtävä siten, että epäpuhtaudet eivät pääse lentämään rasvan joukkoon. Paineilmalla puhdistettaessa on aina käytettävä silmäsuojaimia!
- Kun laakerit poistetaan pakkauksesta, niitä tulee käsitellä vain puhtailla alustoilla. Laakerin toinen puoli täytetään rasvalla puhtaan asennusalustan päällä. Laakeri rasvataan asennuksen jälkeen.
- V-rengas asennetaan ohjeen 3GZF500728-7 mukaan.
- Labyrinttitiivisteiden urat täytetään työkortissa mainitulla ensiasennusrasvalla (Esim. SKF LKHP 2). Tarkistetaan laakerikannen huopatiivisteiden asento urassa.
- N-pään laakeripesään laitetaan KLUBER ALTEMP Q NB 50 asennuspastaa korroosiosuojaksi sekä laakerin liikkumisen edistämiseksi.
- HDP moottoreissa ei käytetä puristinta laakereiden asennukseen, vaan laakerit asennetaan lämmittämällä.  
(Huom. myös ohje roottorin nostosta kohdassa 2.)
  - Jos moottorissa on eristetty laakerointi, se toteutetaan piirustuksen (400133028) mukaan.

## 5. Laakerikilpien asennus

- Laakerikilpi asennettava paikoilleen siten, että staattori on 2 cm asennuspöydän yli, jolla varmistetaan laakerikilven asettuminen paikoilleen. Tässä vaiheessa kiinnityspultteja ei kiristetä kireälle. (Katso kuva alla)
- Laakerikilven ja laakeripesän puhtaus on varmistettava ennen asennusta
- Laakerikilven ja staattorin välinen liitospinta tiivistetään tiivisteliimalla (Perfect seal).



- Kun molempien päiden laakerikilvet on asemoitu, nostetaan moottori kokonaan pöydälle, jonka jälkeen kiristetään laakerikilpien pultit/pinnapultit loppuun asti. Näin varmistetaan laakerikilpien asettuminen samaan linjaan.

## 6. Kiinnitys ja varustelu

- Kaikki ruuvit ovat sähkösinkittyjä, sinipassivoituja kuusiokoloruuveja tai A4-80 haponkestäviä kuusiokoloruuveja.
- Ruuvien kiristysmomentit  $\pm 20 \%$  seuraavan taulukon mukaan:

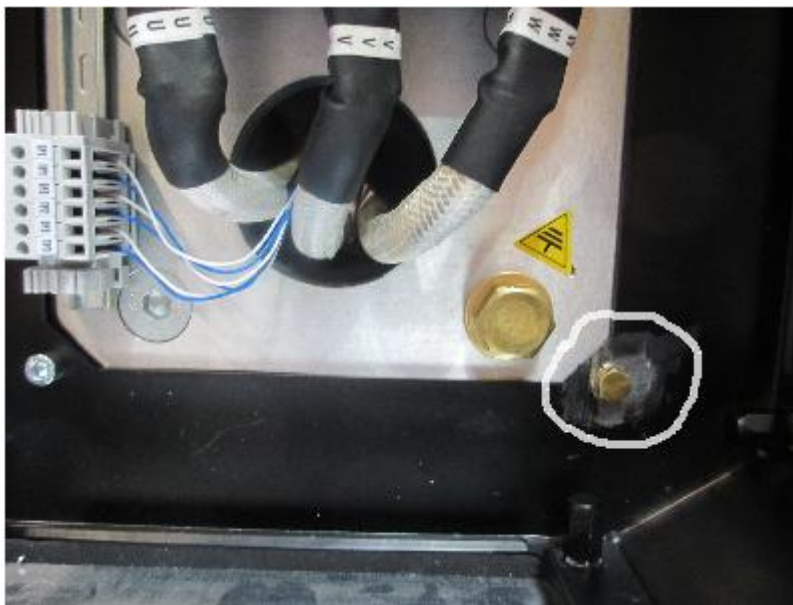
Kierrekoko	Materiaali	Kiristysmomentti (Nm)
M4	8.8	3
M6	8.8	10
M8	8.8	23
M10	8.8	46
M12	8.8	79
M16	8.8	195
M20	8.8	395
M24	8.8	670

## 7. Arvokilpi

Kilvet kiinnitetään kierreniitteillä samalle moottorin sivulle liitinsuojan kanssa, siten että tekstit on luettavissa moottorin lopullisessa asennusasennossa asennusohje 3GZF500728-41 mukaan.

## 8. Liitinsuojus

- Liitinsuojuksen kanteen ja irrallisiin sivuseiniin liimataan osaluettelon mukaiset tiivisteet.
- Liitinsuojuksen läpivientilaipan kaapelien läpivientirei'issä käytetään muovitulppia (Esim. 3GZF334230-363).
- Maadoituskohdista hiotaan tarvittaessa maalipinta pois. (Katso kuva alla)



- Maadoituskohtien suojarasvaus alumiiniliitosrasvalla 3GZF354030-463.

## 9. Liitinalusta

- Liitännän kokoonpano piirustuksien (3KGP.4.HDP.004 - 3KGP.4.HDP.0020) mukaan. (katso myös kuvat alla)



- Liitinalusta(3KGP 4 HDP 004) kootaan kuvan mukaan osaluettelossa ilmoitetuista osista.
- Kuvan(3KGP 4 HDP 008)liitinalusta varustetaan messinkiruuveilla ja aluslaatoilla. (katso kuva alla)





- Kytentäkaapelien liittämisesä liittinalustalle noudatetaan kaapelien kuorintaohjetta(*FIMOT0968* [Notes Link](#)).

## 10. Valvontalaitteet

- Valvontalaitteiden johdot kytketään jousiliittimiin pääkotelon sisällä. Kytkenässä ei tarvitse käyttää ns. pistokaapelikenkää, niin kauan kun käytetään jousiliittimiä ja johdot ovat sen poikki-pinnan mukaan mitä riviliitin sallii. Johdot kuoritaan n.9 mm ja jousi vapautetaan ruuvimeisellillä.
- Valvontalaitteet kytketään riviliittimille ohjeiden (3KGP.4.HDP.004 , 3KGP.4.HDP.005 , 3KGP.4.HDP.008) mukaan.
- Valvontalaitteiden johdot merkitään Elteo-Sähkön Flexiprint-merkintäliuskoilla. Kyseiset Flexiprint-liuskat tulostetaan Fleximarkin Flexisoft-ohjelmalla.
- Valvontalaitteiden johtojen merkintöjen tulee olla helposti luettavissa.
- Pt100 laakerilämpötila-anturi 3GZF364130-5 tai muut vastaavat: Jos anturin alkuperäistä kytkentäjohtoa joudutaan asennusvaiheessa lyhentämään, on anturissa olevaa Ex-hyväksyntätiedot sisältävää merkintää siirrettävä siten että se on näkyvässä kytkentäjohtojen jäljelle jäävässä osassa. (Jos anturin alkuperäistä merkintää ei voida siirtää, voidaan sen tiedot myös kopioida uuteen merkintäliuskaan.
- Tacometri-, resolveri- ja jarru**asennuksessa noudatetaan laitteiden valmistajien toimittamia ohjeita. Laitteet kytketään moottoriin saattokortissa olevan kokoonpanopiirustuksen mukaisesti.
- Laitteet joiden lukupää asennetaan kokoonpanopaikalla(Esim. Heidenhain 16559203), testataan tarkoitukseen soveltuvalla laitteistolla(Heidenhain PWM20)

## 11. Asennusasennot ja tiivistys

- Moottorien asennusasento huomioitava kokoonpanossa. Kokoonpano suoritetaan saattokortissa olevan kokoonpanopiirustuksen mukaan
- Staattorin asento huomioitava kokoonpanoa aloitettaessa. (Jos staattorissa on merkintä"UP", on se oltava ylöspäin).

**12. Merkintä**

- HDP moottoreiden mukaan liitettävään ohjepussiin tulevat dokumentit:

Dokumentti	Numero tai nimitys	Mistä löytyy	Huom.
Hoito-ohjevihko	---	Markkinointiviestintä	Ohjepussiin
Liitännän kokoonpano/kytkentä	<u>Tapauskohtaisesti:</u> (3KGP.4.HDP.004 3KGP.4.HDP.005 3KGP.4.HDP.008)	Työkortti FIMOT Hakukone	Ohjepussiin
Vaatimuksenmukaisuus- todistus:	EU Declaration of Coformity FIMOT, English 3GZF500930-671A	<u>ABB Library</u>	Ohjepussiin
Nosto-ohje	3GZF500928-121	FIMOT Hakukone	Ohjepussiin /laitetaanko tätä mukaan? -Tarvitaan ohje, avattava kehitystehtävä/tehty 20.2
Moottoriin asennettavien lisävarusteiden ohjeet esim: jarru, tako, tärinäanturit, jne.		Lisälaitteiden alkuperäispakkauk- sesta.	Ohjepussiin
Muita, jos määrätään erikseen		Työkortista	Ohjepussiin

- HDP moottoreiden mukaan liitettävään ohjepussiin tulevat dokumentit:

Huom:

Tietyille käyttöalueille vaaditaan aluekohtaiset kieliversiot dokumentoinnista:

- Jos moottorin loppukäyttöpaikka on Kiinassa, ohjeet ja tarrat pitää olla kiinan/englanninkieliset, tiedot tuotehallinnasta.
- Muissa tapauksissa ohjeiden ja tarrojen kieli on englanti/saksa/ranska.



- HDP-moottoreihin kiinnitettävät tarrat ja kilvet:
- Tarrojen paikat piirustuksen 3GZF500728-39 mukaan.

Tarra/kilpi	Numero tai nimitys	Mistä löytyy	Huom
Arvokilpi	---	Työkortista	
Voiteluohjekilpi	---	Työkortista	
Maadoitustarra	16551350	Työkortista	
Kuuman pinnan varoitustarra	40035761	Työkortista	
Do not hammer - varoitustarra	40035769	Työkortista	
PT 100	3GZF194730-41	FIMOT Hakukone	Asennetaan kun moottorissa on Pt 100 anturit *)
Thermistor	3GZF194730-40	FIMOT Hakukone	Asennetaan kun moottorissa on termistorit *)
Warning: Voltage connected at motor standstill	3GZF194730-39	FIMOT Hakukone	Asennetaan moottoreihin missä on lämmitysvastus *)
Pyörimissuuntanuoli	3GZF194730-109	FIMOT Hakukone	Asennetaan moottoreihin joilla on vain yksi sallittu pyörimissuunta. (Esim. moottorit aksiaalituulettimella tai takaisinpyörinnän estimellä ("Back stop"))
Muita jos määrätään erikseen		Työkortista	

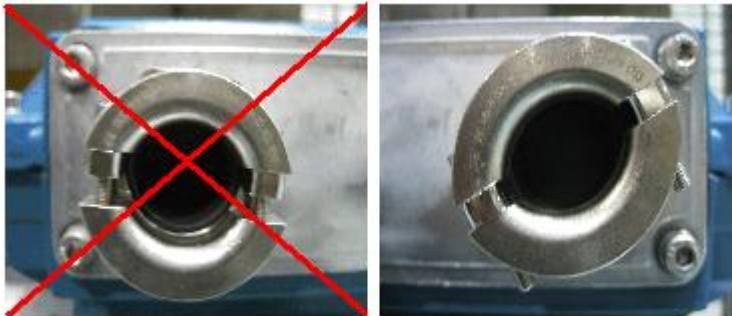
FIMOT Hakukone:  
<http://appl15.de.abb.com/LOCAL/FIMOT/FIMOT026.nsf/MDBSEARCH1?OPENFORM>  
 ABB Library: <http://inside.abb.com/library>

\*) Kun moottori on varusteltu erilliskotelolla, on tarra kiinnitettävä siihenkin

### 13. Loppukokoonpano

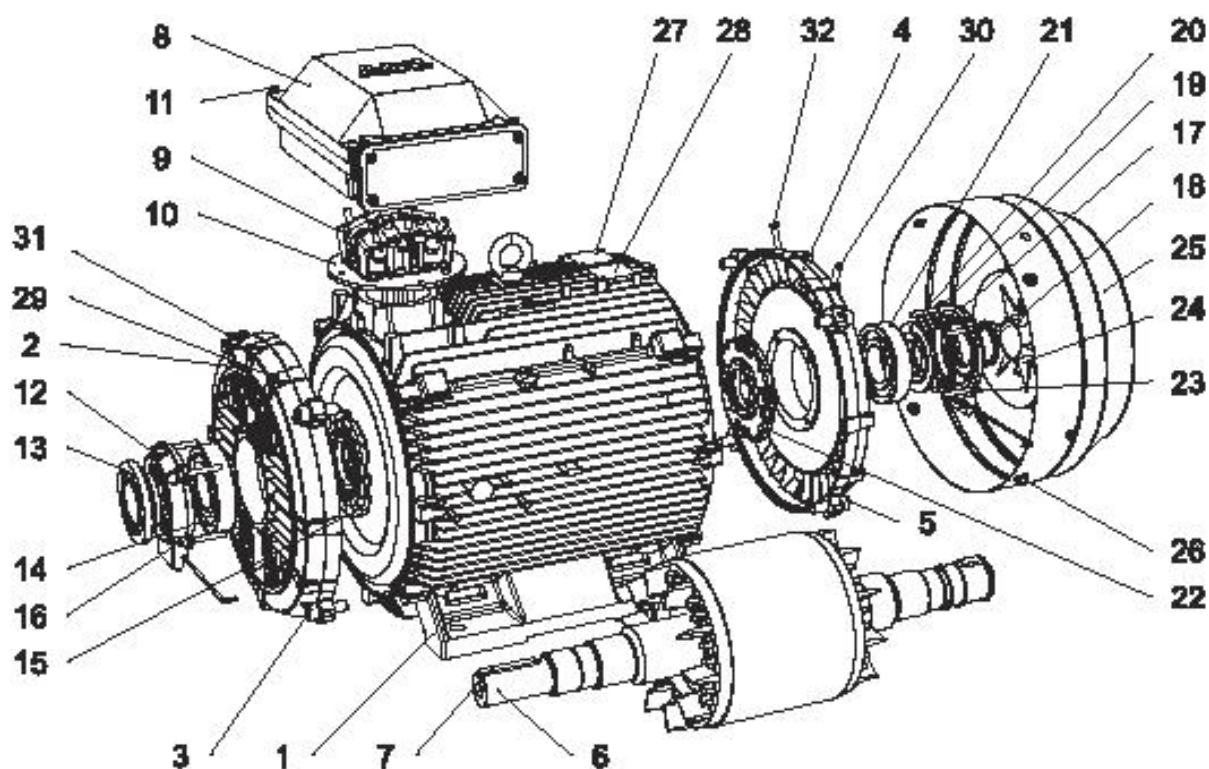
- Rasvaus- ja värinämittaussnippoihin asennetaan hattusuojat.
- Tarkistetaan moottorin laatu ennen pakkausta:
  - Maalauksen kunto.
  - Akselinpää ja muut koneistetut maalaamattomat pinnat suojataan suojarasvalla(Esim. DINITROL corrosion prevention pasta).
  - Kiinnitetään arvokilpi ja muut saattokortissa vaaditut tarrat ja dokumentit
  - Tarkistetaan, että moottori pyörii vapaasti eikä liikkuvat osat ota kiinni mihinkään.
  - Kuljetusalusta on asianmukainen ja moottorin kaikki osat ovat kuljetusalustan reunojen sisäpuolella.
  - varmistetaan, että moottori on asianmukaisesti kiinnitetty kuljetusalustaan.

Kaikki moottorin osat tulee olla kiinni saakka kiristettyjä, ei vain moottoriin kiinnitettynä. Esimerkiksi holkkitiivisteiden vedonpoistajia ei vain asenneta paikalleen vaan ne kiristetään kiinni saakka (katso kuvat).



## SÄHKÖMOOTTORIN RÄJÄYTYSKUVA

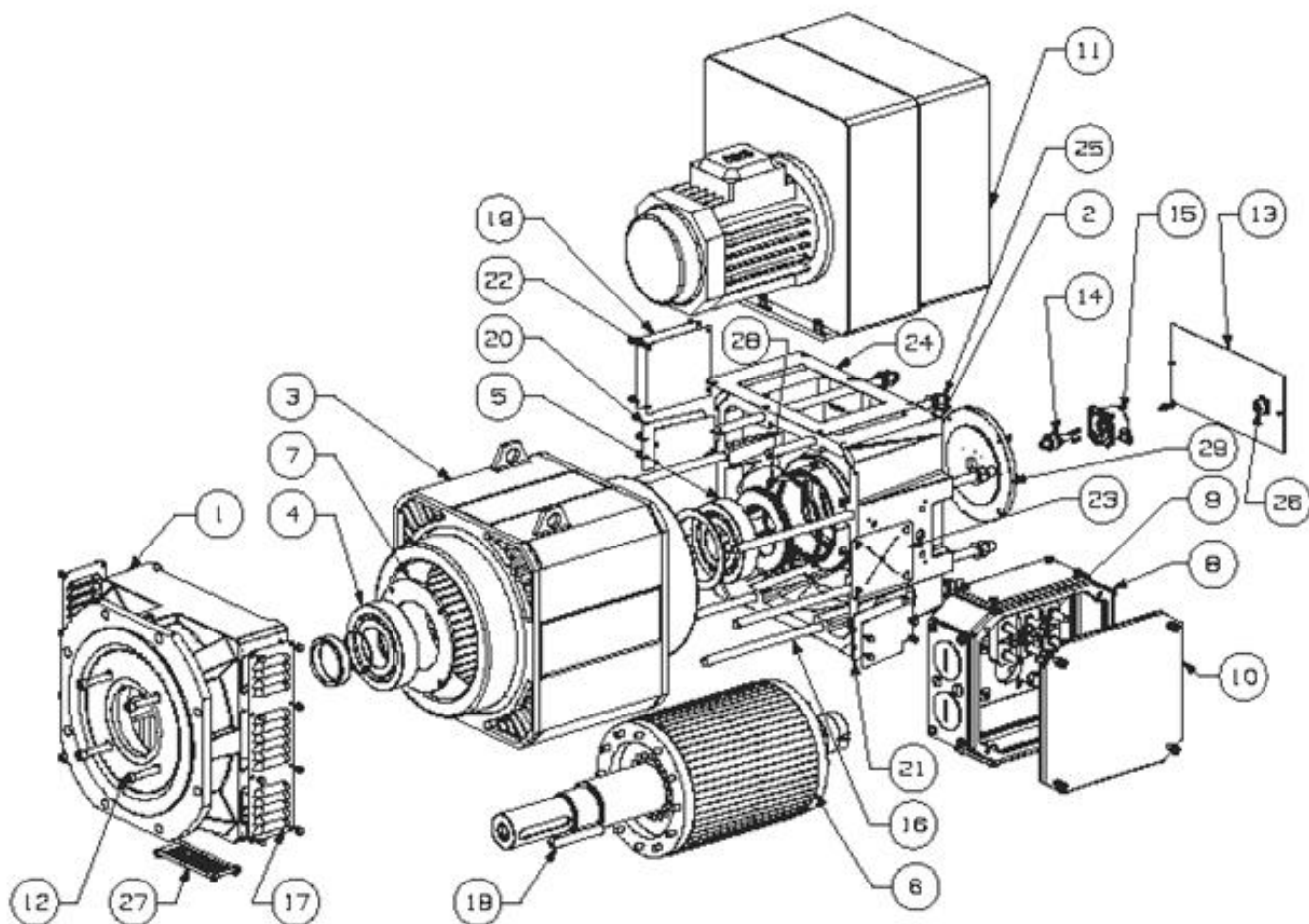
Typical exploded view of cast iron motors, frame size 315



- |    |  |    |  |
|----|--|----|--|
| 1  | Stator frame   | 17 | Outer bearing cover, N-end                     |
| 2  | Endshield, D-end   | 18 | Seal, N-end                                    |
| 3  | Screws for endshield, D-end  | 19 | Wave spring (280-315)<br>Coil spring (355-450) |
| 4  | Endshield, N-end   | 20 | Valve disc, N-end                              |
| 5  | Screws for endshield, N-end  | 21 | Bearing, N-end                                 |
| 6  | Rotor with shaft   | 22 | Inner bearing cover, N-end                     |
| 7  | Key, D-end   | 23 | Screws for bearing cover, N-end                |
| 8  | Terminal box   | 24 | Fan  |
| 9  | Terminal board   | 25 | Fan cover                                      |
| 10 | Intermediate flange  | 26 | Screws for fan cover                           |
| 11 | Screws for terminal box cover  | 27 | Rating plate                                   |
| 12 | Outer bearing cover, D-end   | 28 | Regreasing plate                               |
| 13 | Valve disc with labyrinth seal, D-end;<br>standard in 2-pole motors (V-ring in 4-8 pole) | 29 | Grease nipple, D-end                           |
| 14 | Bearing, D-end   | 30 | Grease nipple, N-end                           |
| 15 | Inner bearing cover, D-end   | 31 | SPM nipple, D-end                              |
| 16 | Screws for bearing cover, D-end  | 32 | SPM nipple, N-end                              |

## HDP-SÄHKÖMOOTTORIN RÄJÄYTYSKUVA

Typical exploded view of frame size H200



1	Endshield, D-end	11	Kit blower with screws	21	Foot cover seal
2	Endshield, N-end	12	Screws for bearing cover, D-end	22	Side closing seal
3	Stator	13	Encoder cover plate with screws	23	Terminal box support seal
4	Bearing, D-end	14	Adapt. shaft for encoder with screws	24	Blower seal
5	Bearing, N-end	15	Encoder	25	Nuts for tierods with washers
6	Rotor with shaft	16	Tierods	26	Encoder connector
7	Inner bearing cover, D-end	17	IP23 protection cover with screws	27	Lower protection with screws
8	Terminal box	18	Key	28	Washers
9	Terminal board	19	Side closing sheet with screws	29	Encoder flange with screws
10	Terminal box cover with screws	20	Foot cover sheet with screws		